

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-070463

(43)Date of publication of application : 16.03.1999

---

(51)Int.Cl. B24B 37/00  
H01L 21/304

---

(21)Application number : 10-171993 (71)Applicant : APPLIED MATERIALS INC

(22)Date of filing : 15.05.1998 (72)Inventor : OSTERHELD TOM  
KO SEN-HOU  
BENNETT DOYLE EDWARD  
REDEKER FRED C  
ADDIEGO GINETTO

---

(30)Priority  
Priority number : 97 856948  
98 3315  
Priority date : 15.05.1997  
06.01.1998  
Priority country : US  
US

---

(54) POLISHING PAD WITH GROOVED PATTERN FOR USE IN CHEMICAL AND MECHANICAL POLISHING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To uniformize the polishing by specifying the depth, the width, and the pitch of a plurality of substantially circular grooves in the polishing surface.  
SOLUTION: A plurality of concentric circular grooves 104 are arranged in a polishing surface of a polishing pad 100. The groove 104 has the minimum width  $W_g$  approximately 0.015 in. A pitch  $P$  between the grooves is approximately 0.09-0.24 in. If the grooves are too wide, the polishing pad becomes too soft so as to induce 'flattening effects'. On the other hand, if the grooves are too narrow, the removal of waste materials from the grooves becomes difficult. Similarly, if the pitch is too small, the grooves mutually approach too close so that the polishing pad becomes too soft. On the other hand, if the pitch is too large, the slurry is prevented from being uniformly carried to the whole surface of a substrate. The groove 104 has at least the depth  $D_g$  approximately 0.02 in.

---

LEGAL STATUS [Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-70463

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月16日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
B 2 4 B 37/00  
H 0 1 L 21/304  
識別記号  
6 2 2

F I  
B 2 4 B 37/00  
H 0 1 L 21/304  
C  
6 2 2 F

審査請求 未請求 請求項の数27 OL 外国語出願 (全 61 頁)

(21) 出願番号 特願平10-171993

(22) 出願日 平成10年(1998) 5月15日

(31) 優先権主張番号 08/856948

(32) 優先日 1997年5月15日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(31) 優先権主張番号 09/003315

(32) 優先日 1998年1月6日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッド

APPLIED MATERIALS, I  
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95054 サンタ クララ パウアーズ ア  
ベニュー 3050

(72) 発明者 トム オスターヘルド

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
マウンテン ヴュー, バーバラ アヴェ  
ニュー 1195

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

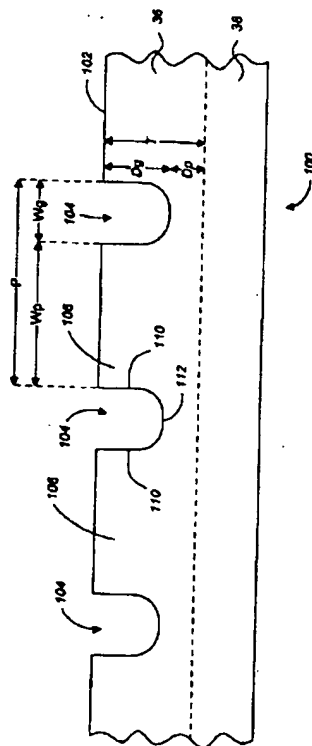
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 化学的機械研磨装置で使用するためのみぞ付パターンを有する研磨パッド

(57) 【要約】

【課題】 基板全体にわたる研磨率の不均一性等の問題を改善するCMP装置を提供する。

【解決手段】 本研磨パッドは複数の同心円形みぞを含む。本研磨パッドは異なった幅と間隔のみぞを有する複数の領域を含むこともできる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドであって、

少なくとも約0.02インチ(0.051cm)の深さ、少なくとも約0.015インチ(0.038cm)の幅及び少なくとも約0.09インチ(0.229cm)のピッチを有する、複数の実質上円形のみぞを有する研磨表面を備える研磨パッド。

【請求項2】 前記みぞが約0.02~0.05インチ(0.051~0.127cm)の深さを有する請求項1に記載の研磨パッド。

【請求項3】 前記みぞが約0.015~0.04インチ(0.038~0.102cm)の幅を有する請求項1に記載の研磨パッド。

【請求項4】 前記みぞが約0.09~0.24インチ(0.229~0.610cm)のピッチを有する請求項1に記載の研磨パッド。

【請求項5】 前記上部層が約0.06~0.12インチ(0.152~0.305cm)の厚さを有する請求項1に記載の研磨パッド。

【請求項6】 前記みぞが、約0.03インチ(0.076cm)の深さ、約0.02インチ(0.051cm)の幅及び約0.12インチ(0.305cm)のピッチを有する請求項1に記載の研磨パッド。

【請求項7】 前記みぞが仕切壁によって分離され、前記みぞの幅と前記仕切壁の比が約0.10~0.25である請求項1に記載の研磨パッド。

【請求項8】 化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドであって、  
少なくとも約0.02(0.051cm)インチの深さ、少なくとも約0.015インチ(0.038cm)の幅及び少なくとも約0.09インチ(0.229cm)のピッチを有する螺旋みぞを有する研磨表面を備える研磨パッド。

【請求項9】 化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドであって、  
第1の幅と第1のピッチを有する第1の複数の実質上円形の同心みぞを有する第1の研磨領域と、  
前記第1の研磨領域を取り囲み、第2の幅と第2のピッチを有する第2の複数の実質上円形の同心のみぞを有する第2の研磨領域とを備え、  
前記第2の幅及び第2のピッチの少なくとも1つが前記第1の幅及び第1のピッチと異なる研磨パッド。

【請求項10】 前記第2の研磨領域を取り囲み、第3の幅と第3のピッチの第3の複数の実質上円形の同心のみぞを有する第3の研磨領域をさらに備える請求項9に記載の研磨パッド。

【請求項11】 前記第3の幅及びピッチが、それぞれ前記第1の幅及びピッチに等しい請求項10に記載の研磨パッド。

【請求項12】 前記第1のピッチが前記第2のピッチより広い請求項11に記載の研磨パッド。

【請求項13】 前記第1のピッチが前記第2のピッチより約2倍広い請求項12に記載の研磨パッド。

【請求項14】 前記第1の幅が前記第2の幅より狭い請求項11に記載の研磨パッド。

【請求項15】 前記第2の幅が前記第1の幅の約6倍である請求項14に記載の研磨パッド。

【請求項16】 前記第1の複数のみぞが第1の複数の環状仕切壁によって分離され、前記第2の複数のみぞが第2の複数の環状仕切壁によって分離され、かつ、前記第1の複数の仕切壁が前記第1の領域の表面積の約75%を占め、前記第2の複数の仕切壁が前記第2の領域の表面積の約50%を占める請求項9に記載の研磨パッド。

【請求項17】 化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドであって、  
第1の研磨領域、前記第1の研磨領域を取り囲む第2の研磨領域及び、研磨表面に形成された螺旋みぞを有する研磨表面であって、前記螺旋みぞが、前記第1の研磨領域の第1のピッチと、前記第2の研磨領域の第2の異なったピッチとを有する研磨表面を備える研磨パッド。

【請求項18】 化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドであって、  
第1の複数の実質上円形の同心みぞを有する第1の研磨領域と、  
前記第1の研磨領域を取り囲み、複数の実質上蛇行するみぞを有する第2の研磨領域とを備える研磨パッド。

【請求項19】 前記円形みぞのピッチ及び幅の少なくとも1つが前記蛇行みぞのピッチまたは幅と異なっている請求項18に記載の研磨パッド。

【請求項20】 前記蛇行みぞが、該蛇行みぞの振幅の約1~2倍であって該蛇行みぞの幅の約1.5~2倍であるピッチを有する請求項18に記載の研磨パッド。

【請求項21】 化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドであって、  
第1の複数の実質上円形の同心みぞを有する第1の研磨領域と、  
前記第1の研磨領域を取り囲み、第2の複数の実質上円形の同心みぞを有する第2の研磨領域であって、前記第2の複数の同心みぞの中心が、前記第1の複数の同心みぞの中心から外れている第2の研磨領域とを備える研磨パッド。

【請求項22】 前記第1の複数のみぞの前記中心が、前記第2の複数のみぞの前記中心から、前記第2の複数のみぞのピッチにほぼ等しい距離だけ外れている請求項21に記載の研磨パッド。

【請求項23】 前記第1の複数の円形みぞのピッチ及び幅の少なくとも1つが、前記第2の複数の円形みぞのピッチまたは幅と異なる請求項21に記載の研磨パッド。

ド。

【請求項24】 化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドであって、  
第1の複数の実質上円形の同心みぞを有する第1の研磨領域と、

前記第1の研磨領域を取り囲み、複数のみぞ弓形部分を有する第2の研磨領域であって、各みぞ弓形部分が隣接する通路上のみぞ弓形部分と半径上で重なり合わないよう、前記みぞ弓形部分が同心の円形通路に沿って配置されている第2の研磨領域とを備える研磨パッド。

【請求項25】 前記円形みぞのピッチ及び幅の少なくとも1つが、前記みぞ弓形部分のピッチまたは幅と異なる請求項24に記載の研磨パッド。

【請求項26】 化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドであって、

第1の複数の実質上円形の同心みぞを有する第1の研磨領域と、

前記第1の研磨領域を取り囲み、螺旋みぞを有する第2の研磨領域とを備える研磨パッド。

【請求項27】 前記円形みぞの少なくとも1つのピッチ及び幅が前記螺旋みぞの前記ピッチまたは幅と異なる請求項26に記載の研磨パッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の背景】本発明は、一般に基板の化学的機械研磨に関し、より詳細には、化学的機械研磨装置のためのみぞ付きパターンを有する研磨パッドに関する。

【0002】集積回路は、通常導電性、半導性または絶縁性の層を順次堆積することによって、特にシリコンウエハである基板上に形成される。各層の堆積後、層がエッチングされて、回路の特徴部(feature)が形成される。一連の層が順次堆積及びエッチングされるために、基板の外表面または最上面、すなわち基板の露出面は、次第に平面でなくなる。この平面でない外面は集積回路製造者に問題を提示する。従って、基板表面を周期的に平面化し、平坦な表面を提供する必要がある。

【0003】化学的機械研磨(CMP)は平面化の一般に認められた方法の1つである。この方法では通常、基板をキャリアまたは研磨ヘッドの上に設置する必要がある。その後基板の露出面が回転する研磨ヘッドに向かい合って配置される。キャリアヘッドは制御可能な負荷すなわち圧力を基板に提供し、基板を研磨パッドに押しつける。さらに、キャリアヘッドは回転し、基板と研磨表面との間に付加運動を提供する。

【0004】研磨剤と少なくとも1つの化学反応性薬品を含む研磨スラリーが研磨パッドに提供されて、パッドと基板との間の境界面に研磨化学溶液を提供する。CMPはかなり複雑なプロセスであり、単純な水とぎとは異なっている。CMPプロセスでは、スラリー中の反応性薬品が基板の外表面と反応して、反応の場を形成する。研磨パ

ッド及び研磨粒子と基板上の反応の場との相互作用の結果、基板の研磨が行われる。

【0005】有効なCMPプロセスは、高い研磨率を提供するだけでなく、仕上げ加工され(小さな粗度が無い)平坦な(大きな凹凸がない)基板表面を提供する。研磨率、仕上げと平坦さは、パッドとスラリーの組み合わせ、基板とパッドとの間の相対速度及び、基板をパッドに押しつける力によって決定される。研磨率は層の研磨に必要な時間を設定する。平坦さと仕上げが不十分な場合不良な基板が発生することがあるので、研磨パッドとスラリーの組み合わせは普通必要な仕上げと平坦さによって指定される。これらの制約を考慮して、必要な仕上げと平坦さを達成するために必要な研磨時間によって、CMP装置の最大処理量が設定される。

【0006】CMPにおいて繰り返し発生する問題は、基板全体にわたる研磨率の不均一性である。この不均一性の原因の1つはいわゆる「エッジ効果」、すなわち基板の周縁部が基板の中心と異なった研磨率で研磨される傾向である。不均一性のもう1つの原因は、「中心緩速効果(center slow effect)」と呼ばれる、基板の中心が研磨不足になる傾向である。こうした不均一な研磨効果は、基板全体の平坦さと集積回路製造に適した基板の面積を減少させ、ひいてはプロセスの歩留まりを低下させる。

【0007】もう1つの問題はスラリーの分布に関する。上記で示したように、CMPプロセスはかなり複雑なプロセスであり、望ましい研磨結果を得るために、研磨パッド、研磨粒子及び反応性薬品と基板との相互作用を必要とする。従って、研磨パッドの表面全体にわたるスラリーの分布が不十分な場合、最適でない研磨結果が提供される。過去において使用された研磨パッドはパッドの周囲の穿孔を含んでいた。こうした穿孔は、スラリーで満たされ、研磨パッドが圧迫される際に対応する局所的範囲にスラリーを分配した。このスラリー分配方法は、各穿孔が事実上個別に作用するため、有効性が制限されている。すなわち、ある穿孔のスラリーは少なすぎ、別の穿孔のスラリーは多すぎる。さらに、余分のスラリーを、それがもっとも必要とされている場所に直接導く方法がない。

【0008】もう1つの問題は研磨パッドの「目つぶれ(glazing)」である。目つぶれは、研磨パッドが加熱され、基板がパッドに押しつけられる領域で圧迫される場合発生する。研磨パッドの突出部が押しつぶされ、くぼみが埋められるので、研磨パッドの表面は平滑になり、研磨性が低下する。その結果、研磨時間が増大する。従って、高い処理量を維持するには、研磨パッドの表面を定期的に研磨条件に戻す、すなわち「調節(condition)」する必要がある。

【0009】さらに、調節処理の間に、パッドの調節によって発生した廃棄材料がパッドの穿孔をふさいだり詰まらせたりすることがある。この廃棄材料によって詰ま

らされた穿孔はスラリを有効に保持しないので、研磨プロセスの効率を低下させる。

【0010】ふさがれた或いは詰まったパッドの穿孔に関連するさらなる問題は、研磨の完了後の基板からのパッドの分離に関する。研磨プロセスはパッドと基板との間に高度の表面張力を発生する。穿孔は、パッドと基板との間の接触面積を減らすことによって表面張力を低下させる。しかし、穿孔が廃棄材料でふさがれている、または詰まっていると、表面張力が増大し、パッドと基板の分離が困難になる。そのため、基板は分離処理中、より破損しやすくなる。

【0011】CMPにおけるまた別の問題は「平面化効果(planarizing effect)」と呼ばれる。理想的には、研磨パッドは基板の凹凸の山だけを研磨する。ある期間研磨した後、これらの山の部分は最終的に谷と水平になり、実質上平らな表面に帰結する。しかし、基板が「平面化効果」の対象になると、山と谷が同時に研磨される。「平面化効果」は点負荷に対する研磨パッドの圧縮性の性質から生じる。詳細には、研磨パッドが柔軟すぎると、研磨パッドは変形し、基板表面の山と谷の両方を含む基板の広い表面積に接触する。

【0012】従って、これらの問題のすべてではなくとも、いくつかの問題を改善するCMP装置を提供することが有益である。

【0013】

【概要】1つの態様では、本発明は化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドに向けられる。本研磨パッドは、複数の実質上円形のみぞを有する研磨表面を有する。このみぞは、少なくとも約0.02インチ(0.051cm)の深さ、少なくとも約0.015インチ(0.038cm)の幅及び、少なくとも約0.09インチ(0.229cm)のピッチを有する。

【0014】本発明の実施形態には以下が含まれる。みぞは同心に配置され、研磨表面全体にわたって均一に配置される。みぞは、0.03インチといった、0.02~0.05インチの深さ、0.20インチといった、0.015~0.04インチの幅及び、0.12インチといった、0.09~0.24インチのピッチを有する。研磨パッドは上部層と下部層を備え、みぞが上部層に形成される。上部層は約0.06~0.12インチの厚さを有し、みぞの底部と下部層との間の距離は約0.04インチである。みぞは仕切壁によって分離され、みぞの幅と仕切壁の比は約0.10~0.25である。

【0015】別の態様では、研磨パッドの研磨表面は、少なくとも約0.02インチの深さ、少なくとも約0.015インチの幅及び、少なくとも約0.09インチのピッチを有する螺旋みぞを有する。

【0016】別の態様では、本発明は化学的機械研磨装置において基板を研磨する研磨パッドに向けられる。本研磨パッドは、第1の幅と第1のピッチの、第1の複数の

の実質上円形の同心のみぞを有する第1の研磨領域と、第1の研磨領域を取り囲み、第2の幅と第2のピッチの、第2の複数の実質上円形の同心のみぞを有する第2の研磨領域とを備えている。第2の幅及び第2のピッチの少なくとも1つは、第1の幅及び第1のピッチと異なっている。

【0017】別の態様では、研磨パッドは、第1の研磨領域と、第1の研磨領域を取り囲む第2の研磨領域を備えており、螺旋みぞが研磨表面に形成され、この螺旋みぞは第1の研磨領域の第1のピッチと、第2の研磨領域の第2の、異なったピッチとを有している。

【0018】別の態様では、研磨パッドは、第1の複数の実質上円形で同心のみぞを有する第1の研磨領域と、第1の研磨領域を取り囲み、複数の実質上蛇行するみぞを有する第2の研磨領域とを備えている。

【0019】別の態様では、研磨パッドは第1の複数の実質上円形で同心のみぞを有する第1の研磨領域と、第1の研磨領域を取り囲み、第2の複数の実質上円形で同心のみぞを有する第2の研磨領域とを備えている。第2の複数の同心のみぞの中心は、第1の複数の同心のみぞの中心から外れている。

【0020】別の態様では、研磨パッドは、第1の複数の実質上円形で同心のみぞを有する第1の研磨領域と、第1の研磨領域を取り囲み、複数のみぞ弓形部分を有する第2の研磨領域とを備えている。みぞ弓形部分は、各みぞ弓形部分が、隣接する進路のみぞ弓形部分と半径上で重ならないように、同心円形進路に沿って配置されている。

【0021】別の態様では、研磨パッドは、第1の複数の実質上円形で同心のみぞを有する第1の研磨領域と、第1の研磨領域を取り囲み、螺旋状のみぞを有する第2の研磨領域とを備えている。

【0022】本発明の実施形態には以下が含まれる。各みぞは、少なくとも約0.02インチの深さ、少なくとも約0.015インチの幅及び、少なくとも約0.09インチのピッチを有しているであろう。第3研磨領域が第2の研磨領域を取り囲み、実質上円形で同心のみぞを有しているであろう。第3領域のみぞの幅とピッチは、第1の領域のみぞの幅とピッチに等しいであろう。第1の領域の単数または複数のみぞのピッチは、第2の領域の単数または複数のみぞのピッチと異なっており、例えば大きい。第1の領域の単数または複数のみぞの幅は、第2の領域の単数または複数のみぞのピッチと異なっており、例えば小さいであろう。詳細には、第1のピッチは、第2のピッチより約2倍大きく、第2の幅は第1の幅より約6倍大きいであろう。第1の領域のみぞは第1の領域の表面積の約25%を覆い、第2の領域のみぞは、第2の領域の表面積の約50%を覆っているであろう。螺旋状のみぞは均一な幅を有しているであろう。蛇行みぞは、その振幅の約1~2倍か、またはその幅の約

1. 5～2倍のピッチを有しているであろう。第2の領域のみぞは約0.125インチの幅と約0.2インチのピッチを有しているであろう。蛇行みぞは約0.2～0.4インチの振幅を有しているであろう。第1の複数の円形みぞの中心は、第2の複数の円形みぞの中心から、第2の複数のみぞのピッチとほぼ等しい距離だけ外れているであろう。第3領域のみぞは第1の領域のみぞと同心であろう。

【0023】本発明の利点には以下が含まれる。本研磨パッドは改善された研磨の均一性を提供する。研磨パッドのみぞはパッド全体にスラリを分配する有効な方法を提供する。みぞは十分に広いので、調節処理によって発生した廃棄材料はみぞから流出する。研磨パッドは十分堅固なので、「平面化効果」が避けられる。研磨パッドの比較的深いみぞはまた、パッドの寿命を改善する。

【0024】他の特徴と利点は、図面と請求項を含む、以下の説明から明らかになるであろう。

【0025】

【実施形態の詳細な説明】図1を参照すると、1以上の基板10が化学的機械研磨装置20によって研磨される。研磨装置20の完全な説明は、本明細書に全体として援用されている、米国特許第5,738,574号明細書に見いだすことができるであろう。研磨装置20には、上部に設置されたテーブル面23と取外し可能な外部カバー（図示せず）を有する機械基部22が含まれる。テーブル面23は一連の研磨ステーション25a、25b及び25cと移送ステーション27を支持している。移送ステーション27は、3つの研磨ステーション25a、25b及び25cと共に一般に正方形の配置を形成している。移送ステーション27は、ローディング装置（図示せず）から個々の基板10を受け取る、基板を洗浄する、基板をキャリアヘッドにローディングする（以下説明する）、基板をキャリアヘッドから受け取る、再び基板を洗浄する、最後に、基板をローディング装置に戻す、といった機能を含む多数の機能を果たす。

【0026】各研磨ステーションには回転プラテン30が含まれ、その上に研磨パッド100が配置される。基板10が「8インチ」（200ミリメートル）または「12インチ」（300ミリメートル）の直径の円板である場合、プラテン30と研磨パッド10は直径約20インチである。プラテン30は、プラテン駆動モータ（図示せず）に接続された回転式のアルミニウムまたはステンレス鋼の板である。大部分の研磨プロセスでは、プラテン駆動モータはプラテン30を、30～200回転/分で回転させるが、より低いまたは高い回転速度が使用されることもある。

【0027】各研磨ステーション25a～25cにはさらに、関連するパッド調節装置40が含まれる。各パッド調節装置40は、独立して回転する調節ヘッド44と関連する洗浄水盤46を保持する回転アーム42を有す

る。調節装置が研磨パッドの条件を維持するので、研磨パッドは回転中に研磨パッドに押しつけられるすべての基板を有効に研磨する。

【0028】反応性薬品（例えば、酸化物研磨の場合脱イオン水）、研磨粒子（例えば、酸化物研磨の場合二酸化ケイ素）及び化学反応性触媒（例えば、酸化物研磨の場合水酸化カリウム）を含むスラリ50が、複合スラリ/リンスアーム52によって研磨パッド100の表面に供給される。スラリ/リンスアームには2以上のスラリ供給チューブが含まれ、スラリを研磨パッドの表面に提供する。十分なスラリが提供されて、研磨パッド100の全体を覆い、湿らせる。スラリ/リンスアーム52にはまた、各研磨及び調節サイクルの終了時に研磨パッド100の高圧洗浄を提供する多数の噴霧ノズル（図示せず）が含まれる。

【0029】2以上の中間洗浄ステーション55a及び55bが、隣り合う研磨ステーション25a、25b及び25cの間に配置されているであろう。洗浄ステーションは、基板が1つの研磨ステーションから別の研磨ステーションに移動する際に、基板をリンスする。

【0030】回転式マルチヘッドカラーセル（cariuse）60が、下部機械基部22の上に配置されている。カラーセル60は、中央ポスト62によって支持され、その上で、基部22の中に配置されたカラーセルモータ組立体によってカラーセル軸64に沿って回転される。中央ポスト62はカラーセル支持板66とカバー68を支持している。カラーセル60には4つのキャリアヘッド装置70a、70b、70c及び70dが含まれる。キャリアヘッド装置の中の3つは基板を受け取って保持し、基板を研磨ステーション25a～25cのプラテン30の上の研磨パッド100に押しつけることによって研磨する。キャリアヘッド装置の中の1つは基板を移送ステーション27から受け取り、そこに供給する。

【0031】4つのキャリアヘッド装置70a～70dが、カラーセル軸64に沿って等しい角度間隔でカラーセル支持板66に設置されている。中央ポスト62のために、カラーセルモータはカラーセル支持板66を回転させ、キャリアヘッド装置70a～70dとそれに取り付けられた基板をカラーセル軸64に沿って旋回させることができる。

【0032】各キャリアヘッド装置70a～70dにはキャリアまたはキャリアヘッド80が含まれる。各キャリアヘッド80は、その固有の軸に沿って独立して回転する。キャリア駆動軸74は、キャリアヘッド回転モータ76（カバー68の4分の1を除去することによって図示する）をキャリアヘッド80に接続している。各ヘッドに対して1つのキャリア駆動軸とモータが存在する。さらに、各キャリアヘッド80はカラーセル支持板66に形成された放射状みぞ72の中で独立して横に振動する。スライダ（図示せず）が放射状みぞの中で各駆

動軸74を支持している。放射状駆動モータ（図示せず）がスライダを動かし、キャリアヘッドを横に振動させる。

【0033】キャリアヘッド80は多数の機械的機能を行う。一般に、キャリアヘッドは、研磨パッドに対して基板を保持し、基板の背面全体に均一な下向きの圧力を分配し、駆動軸から基板にトルクを伝達し、研磨作業中に基板がキャリアヘッドの下から滑り出ないことを保証する。

【0034】図2を参照すると、各キャリアヘッド80には、ハウジング組立82、基部組立84及び保持リング組立86が含まれる。ローディング機構が基部組立84をハウジング組立82に接続している。基部組立84には、キャリアヘッドの基板受け表面を提供する可撓薄膜88が含まれる。キャリアヘッド80の説明は、本明細書に全体として援用されている、本発明の譲受人に譲受された、Steven M. Zuniga他による、1996年11月8日出願の「化学的機械研磨装置のための可撓薄膜を伴うキャリアヘッド」と題された米国特許出願第08/745,679号に見いだすことができる。

【0035】研磨パッド100は、粗研磨面102を有する複合材料を含む。研磨パッド100は上部層36と下部層38を有する。下部層38は、粘着層29によってプラテン30に取り付けられる。上部層36は下部層38より硬い。上部層36はポリウレタンまたは充填剤を混合したポリウレタンから構成されている。下部層38は、ウレタンを浸出した圧縮フェルト繊維から構成されている。上部層はIC-1000から構成されており、下部層はSUBA-4から構成されている。2層の研磨パッドは、デラウェア州ニューアークのRodel, Inc. から入手可能である（IC-1000及びSUBA-4は、Rodel, Inc. の製品名である）。

【0036】図3及び図4を参照すると、複数の同心円形みぞ104が、研磨パッド100の研磨表面102に配置されている。有利にも、これらのみぞはピッチPの均一な間隔を有する。ピッチPは、図4にもっとも明瞭に示されているように、隣接するみぞ間の半径距離である。各みぞ間には幅Wpを有する環状仕切壁106が存在する。各みぞ104には、実質上U形の底部112に至る壁110が含まれる。各みぞは深さDgと幅Wgを有しているであろう。また、みぞが矩形の断面を有することもある。

【0037】壁110は一般に垂直で、U形の底部112に至る。各研磨サイクルは、研磨表面102が摩耗するに連れて研磨パッドが薄くなるという形で、研磨パッドの摩耗に帰結する。ほぼ垂直の壁110を有するみぞの幅Wgは、研磨パッドが摩耗しても変化しない。すなわち、一般に垂直の壁は、研磨パッドがその動作寿命を

通じてほぼ均一の表面積を有することを保証する。

【0038】研磨パッドのさまざまな実施形態には過去に使用されたものと比較して広くて深いみぞが含まれる。みぞ104は約0.015インチの最小幅Wgを有する。各みぞ104は、約0.015～0.04インチの幅Wgを有しているであろう。詳細には、みぞは約0.020インチの幅Wgを有しているであろう。各仕切壁106は約0.075～0.20インチの幅Wpを有しているであろう。詳細には、仕切壁は約0.10インチの幅Wpを有しているであろう。従って、みぞ間のピッチPは約0.09～0.24インチであろう。詳細には、ピッチは約0.12インチであろう。

【0039】みぞ幅Wgと仕切壁幅Wpの比は、約0.10～0.25になるよう選択される。この比は約0.2である。みぞが広すぎると、研磨パッドが柔軟になりすぎ、「平面化効果」が発生する。他方、みぞが狭すぎると、廃棄材料をみぞから除去するのが困難になる。同様に、ピッチが小さすぎると、みぞが互いに接近しすぎ、研磨パッドが柔軟になりすぎる。他方、ピッチが大きすぎると、スラリが基板の表面全体に均一に輸送されない。

【0040】みぞ104はまた、少なくとも約0.02インチの深さDgを有する。深さDgは、約0.02～0.05インチであろう。詳細には、みぞの深さDgは約0.03インチであろう。上部層36は約0.06～0.12インチの厚さTを有するであろう。すなわち、厚さTは約0.07インチであろう。厚さTは、基底部分112の底部と下部層38との間の距離Dpが約0.035～0.085インチになるように選択されるであろう。詳細には、距離Dpは約0.04インチであろう。距離Dpが小さすぎると、研磨パッドは柔軟になりすぎる。他方、距離Dpが大きすぎると、研磨パッドは厚くなり、その結果、より高価になる。研磨パッドの他の実施形態も同様の深さのみぞを有する。

【0041】図3を参照すると、みぞ104は、複数の環状の島または突起を形成するパターンを形成している。これらの島によって研磨用に提供される表面積は、研磨パッド100の全面積の約90%～75%である。その結果、基板と研磨パッドとの間の表面張力が減少し、研磨サイクルの終了時に基板から研磨パッドを分離することが容易になる。

【0042】図5を参照すると、別の実施形態では、螺旋みぞ124が、研磨パッド120の研磨表面122に配置されている。有利にも、みぞはピッチPの均一な間隔を有する。螺旋仕切壁126が螺旋の環を分離する。螺旋みぞ124及び螺旋仕切壁126は、図3の円形みぞ104及び円形仕切壁106と同じ寸法を有する。すなわち、螺旋みぞ124は、少なくとも約0.02インチの深さ、少なくとも約0.015インチの幅及び、少なくとも約0.09インチのピッチを有するであろう。



詳細には、螺旋みぞ124は、0.03インチといった、0.02~0.05インチの深さ、0.20インチといった、約0.015~0.40インチの幅及び、0.12インチといった、約0.09~0.24インチのピッチPを有するであろう。

【0043】図6及び図7を参照すると、別の実施形態では、複数の同心環状みぞ144が、研磨パッド140の研磨表面142に配置されている。しかし、これらのみぞの間隔は均一ではなく、研磨表面142は、みぞが異なったピッチの間隔を有する複数の領域に分割されている。さらに、みぞは必ずしも均一の深さを有していない。

【0044】1つの実施形態では、研磨表面142は、最内周領域150、環状最外周領域156、2つの中間領域152及び154を含む4つの同心の領域に分割されている。領域150はみぞなしで構成され、領域154のみぞは領域152及び156のみぞより狭い間隔を有しているであろう。すなわち、領域154のみぞはピッチP2の間隔を有し、領域152及び156のみぞはピッチP1の間隔を有するが、ここでP2はP1より小さい。各みぞは幅Wgを有しているであろう。幅Wgは、約0.02インチといった、約0.015~0.04インチであろう。みぞはまた、厚さ0.05インチの上部層36の場合約0.02インチ、また厚さ0.08インチの上部層の場合約0.03インチの均一な深さDgを有しているであろう。

【0045】ピッチの広い領域152及び156の各みぞの間には幅Wp1を有する広い環状仕切壁146aがあり、ピッチの狭い領域154の各みぞの間には幅Wp2を有する狭い環状仕切壁146bがある。広い仕切壁146aの各々は、約0.18インチといった、約0.12~0.24インチの幅Wp1を有しているであろう。従って、広い仕切壁の領域のみぞ間のピッチP1は、約0.2インチといった、約0.09~0.24インチであろう。すなわち、ピッチP1はピッチP2の約2倍であろう。広い仕切壁146aによって提供される表面積は、広い仕切壁の領域の利用可能な表面積の約90%である。

【0046】前に注意したように、領域154のみぞは互いに接近している。狭い仕切壁146bの各々は、約0.08インチといった、約0.04~0.12インチの幅Wp2を有する。従って、狭い仕切壁の領域のみぞの間のピッチP2は、約0.10インチといった、約0.045~0.2インチである。狭い仕切壁146bによって提供される表面積は、狭い仕切壁の領域の利用可能な表面積の約75%である。

【0047】研磨パッド140は、詳細には、いわゆる「高速帯(fast band)」効果といった研磨の均一性の問題を低減するのに適している。高速帯効果は、ヒュームドシリカ(fumed silicas)を含むSS12スラリーによっ

て、2層研磨パッドを使用する酸化物研磨で出現する傾向がある。高速帯効果によって、その中心が基板の周縁から約15ミリメートルの位置にある基板の環状領域がかなり過度に研磨されるようになる。この環状領域は約20ミリメートル幅である。研磨パッド140が高速帯効果に反するように構成される場合、第1の領域150は約3.2インチの半径W1を有し、第2の領域152は約4.8インチの幅W2を有し、第3領域154は約1.2インチの幅W3を有し、第4領域156は約0.8インチの幅W4を有しているであろう。これらの幅の前提は、研磨パッドの直径が約20インチであり、基板がスリーブの最外周地点でパッドの周縁から約0.2インチにあり、スリーブの最内周地点でパッドの中心から約1.0インチにあるように、基板が約0.8インチのスリーブ範囲で研磨パッド表面の全体にわたって移動することである。

【0048】研磨率が、研磨中に基板と接触する研磨パッドの表面積の割合と比較できることが明らかである。表面積の多くをみぞが占める領域を研磨パッドに提供することによって、その領域の研磨率は低下する。詳細には、領域154の間隔の狭いみぞは、研磨率を低下させるが、さもないと基板のその部分は過度に研磨される。その結果、研磨パッドは高速帯効果を補償し、研磨の均一性を改善する。

【0049】別の実施形態では、図8及び図9を参照すると、複数の同心円形みぞ164a及び164bが、研磨パッド160の研磨表面162に配置されている。これらのみぞ164a及び164bは、ピッチPの均一な間隔を有する。しかし、みぞは均一な幅を有さない。

【0050】1つの実施形態では、研磨表面162は、最内周領域170、最外周領域176、2つの中間領域172及び174を含む4つの同心領域に分割される。領域170はみぞなしで構成され、領域174のみぞ164bは、領域172及び176のみぞ164aより広いであろう。狭いみぞ164bは幅Wg1を有し、広いみぞ164aは幅Wg2を有しているであろう。狭いみぞ164aの各々の間には幅Wp1を有する広い環状仕切壁166aがあり、広いみぞ164bの各々の間には幅Wp2を有する狭い環状仕切壁166bがあるであろう。

【0051】広いみぞは、狭いみぞの約2~20倍、例えば6倍広いであろう。狭いみぞ164aは、0.02インチといった、約0.015~0.04インチの幅Wg1を有し、広いみぞ164bは、0.125インチといった、約0.04~0.3インチの幅Wg2を有しているであろう。広い仕切壁166aは、0.18インチといった、約0.10~0.385インチの幅Wp1を有し、狭い仕切壁166bは、0.075インチといった、約0.05~0.10インチの幅Wp2を有しているであろう。みぞは、0.2インチといった、約0.0

9~0.40インチのピッチPの均一な間隔を有しているであろう。狭いみぞの領域172及び176では、仕切壁が利用可能な表面積の約75%を占め、広いみぞの領域174では、仕切壁が利用可能な表面積の約50%を占めているであろう。

【0052】望ましい接触表面積を達成するために、多様なみぞの幅及び/または間隔が使用されることに注意すべきである。主要な要素は、過度に研磨されそうな基板の部分に接触する表面積を小さくすることである。不均一なみぞの間隔と幅を有する研磨パッドは、基板の不均一な研磨が望ましいプロセスでも有益である。

【0053】別の実施形態では、図10及び図11を参照すると、複数の同心円形みぞ184a及び184bが、研磨パッド180の研磨表面184に配置されている。これらのみぞ184a及び184bは共に不均一なピッチと不均一な幅を有している。

【0054】1つの実施形態では、研磨表面182は、最内周領域190、最外周領域196、2つの中間領域192及び194を含む4つの同心領域に分割されている。領域190はみぞなしで構成され、領域194のみぞ184bは、領域192及び196のみぞ184aより広く、より広い間隔を有しているであろう。狭いみぞ184aは約0.02インチの幅Wg1を有し、広いみぞ184bは、約0.125インチの幅Wg2を有しているであろう。狭いみぞ184aは、約0.12インチのピッチP1で配置され、領域194の広いみぞ184bは約0.2インチのピッチP2で配置されているであろう。各狭いみぞ184aの間には約0.1インチの幅Wp1を有する環状仕切壁186aがあり、各広いみぞ184bの間には、約0.075インチの幅Wp2を有する環状仕切壁186bがあるであろう。

【0055】図12を参照すると、別の実施形態では、螺旋みぞが、研磨パッド200の研磨表面202に配置されている。螺旋仕切壁206が螺旋の環を分離している。みぞ204は不均一なピッチを有する。みぞの幅204は均一なことも不均一なこともあるであろう。

【0056】研磨表面202は、最内周領域210、最外周領域216、2つの中間領域212及び214を含む、4つの同心領域に分割される。領域214では、螺旋みぞは領域212及び216より狭いピッチを有する。詳細には、螺旋みぞ204は領域212及び216で約0.20インチのピッチP1を有し、領域214で約0.12インチのピッチP2を有する。螺旋みぞ204は領域210には達していない。

【0057】図13を参照すると、別の実施形態では、複数の同心円形みぞ224aと複数の蛇行みぞ224bが、研磨パッド220の研磨表面224に配置されている。蛇行みぞ224bは円形みぞ224aより広い。各円形みぞ224aの間には環状仕切壁226aがあり、各蛇行みぞ224bの間には蛇行仕切壁226bがある

であろう。例示されていないが、蛇行みぞ224bの一部が円形みぞ224aの一部と交差することがある。

【0058】研磨表面222は、最内周領域230、最外周領域236、2つの中間領域232及び234を含む、4つの同心領域に分割されている。領域230はみぞなしで構成され、蛇行みぞが領域234に配置され、円形みぞが領域232及び236に配置されているであろう。円形みぞ224aは約0.02インチの幅と約0.12インチのピッチを有する構成であろう。各蛇行みぞ224bは、0.2または0.4インチといった、約0.1~0.5インチの振幅Aで最内周半径と最外周半径の間で波形を描いているであろう。蛇行みぞの各波形は、15度といった、約5~180度の角度 $\alpha$ にわたって延びているであろう。すなわち、各蛇行みぞ224bは、例えば24といった、約2~72の波形を有しているであろう。蛇行みぞ224bは約0.125インチの幅と、約0.20インチのピッチを有しているであろう。蛇行みぞ224の第2のピッチは、その振幅の約1~2倍、またはその第2の幅の約1.5~2倍であろう。

【0059】例示される研磨パッドでは、領域232は半径約3.2インチから半径約8.0インチにわたり、領域234は半径約8.0インチから半径約9.2インチにわたり、領域236は半径約9.2インチから半径約9.92インチにわたるであろう。

【0060】図14を参照すると、また別の実施形態では、円形のみぞ244a及び244bが研磨パッド240の研磨表面242に配置されている。これらのみぞは不均一な幅を有する。さらに、みぞ244aは点248aについて同心円をなし、みぞ244bは別の点248bについて同心円をなす。みぞ244aは環状仕切壁246aによって分離され、みぞ244bは環状仕切壁246bによって分離される。中心点248a及び248bは、みぞ244bの間のピッチとほぼ等しい距離だけ離れている。例示されていないが、円形みぞ244aの一部が円形みぞ244bの一部と交差することがある。

【0061】研磨表面242は、最内周領域250、最外周領域256、2つの中間領域252及び254を含む4つの同心領域に分割されている。領域252及び256のみぞは点248aについて同心円をなし、領域254のみぞは点248bについて同心円をなしているであろう。みぞ244a及び244bは、それぞれ0.02及び0.125の幅と、それぞれ0.20及び0.24のピッチを有しているであろう。

【0062】図15を参照すると、また別の実施形態では、複数の同心円形みぞ264aと、複数の区分された弓形みぞ264bが、研磨パッド260の研磨表面262に形成される。区分された弓形みぞ264bは、隣接する同心円形進路268a及び268bに沿って配置される。弓形は、進路268a上の弓形が、進路268b

上の弓形と隣接しないようにずらされているであろう。環状仕切壁 266a が各円形みぞ 264a を分離し、1 つの仕切壁 266b が弓形みぞ 264b を取り囲む。

【0063】研磨表面 262 は、最内周領域 270、最外周領域 276、2 つの中間領域 272 及び 274 を含む、4 つの同心領域に分割されているであろう。領域 270 はみぞなしで構成され、弓形みぞ 264b は領域 274 に配置され、円形みぞ 264a は領域 272 及び 276 に配置されているであろう。円形みぞ 264a は約 0.02 インチの幅と、約 0.20 インチのピッチを有しているであろう。弓形みぞ 264b は約 0.125 インチの幅を有し、円形通路 268a 及び 268b は約 0.2 インチの間隔を有しているであろう。この実施形態では、隣接する円形通路の間の距離をピッチとすることができる。

【0064】図 16 を参照すると、また別の実施形態では、複数の同心円形みぞ 284a と、螺旋みぞ 284b が研磨パッド 280 の研磨表面 282 に形成される。環状仕切壁 286a が各円形みぞ 284a を分離し、螺旋みぞ 284b が螺旋仕切壁 286b を形成する。

【0065】研磨表面 282 は、最内周領域 290、最外周領域 296、2 つの中間領域 292 及び 294 を含む 4 つの同心領域に分割されているであろう。領域 290 はみぞなしで構成され、螺旋みぞ 284b は領域 294 に配置され、円形みぞ 284a は領域 292 及び 296 に配置される。円形みぞ 284a はみぞ 264a と同様、すなわち約 0.02 インチの幅と約 0.12 インチのピッチを有する構成であろう。螺旋みぞ 284b は、約 0.125 インチの幅と、約 0.2 インチのピッチを有しているであろう。例示した研磨パッドでは、領域 282 は半径約 3.2 インチから半径約 7.88 インチにわたり、領域 284 は半径約 8.0 インチから半径約 9.2 インチにわたり、領域 286 は半径約 9.32 インチから半径約 9.92 インチにわたるであろう。

【0066】さらに、すべての実施形態で、隣接した領域間のみぞ幅及び/または仕切壁幅に勾配があることがある。こうした勾配は、隣接する領域の研磨率の中間の研磨率での研磨を提供する。基板は研磨パッド表面全体にわたって振動するので、中間研磨率は基板の隣接する範囲の間でより均一な研磨を提供する。

【0067】上記で説明した実施形態のみぞは、研磨パッドと基板との間の真空の形成を低減する空気チャンネルを提供する。しかし、研磨のために利用可能な表面積が減少するため、同じ研磨結果を達成するには付随して研磨時間を増大する必要がある。

【0068】みぞは、切削またはフライス加工によって研磨表面に形成される。詳細には、ミル上のこの歯を使用して研磨表面にみぞを切削する。また、液圧または空気圧プレスによって研磨表面を型押またはプレス加工することによってみぞが形成されることもある。みぞパタ

ーンを比較的簡単にすることによって高価な機械加工が避けられる。また、研磨パッドを鋳造中で製作することによってみぞが形成されることがある。例えば、研磨パッドがみぞの反転形状を含む鋳型から成形される重合反応中にみぞが形成される。

【0069】上記で説明したように、スラリ/リンスアームがスラリを研磨表面に提供する。研磨パッドに形成された連続チャンネルは、研磨パッドの周囲のスラリの移動を促進する。すなわち、パッドのある領域の余分のスラリがみぞ構造によって別の領域に移送され、研磨表面全体がより均一にスラリで覆われる。従って、スラリの分布が改善され、スラリ分布の不良に起因する研磨率の変動が減少される。

【0070】さらに、研磨及び調節サイクル中に発生する廃棄材料がスラリの分布を妨害する可能性がみぞによって低減される。みぞは研磨パッド表面からの廃棄材料の移動を促進し、目詰まりする可能性を低減する。みぞの幅はスラリ/リンスアーム 52 からの噴霧リンスを可能にし、みぞから廃棄材料を有効に洗い流す。

【0071】みぞを深くすることによって研磨パッドの寿命が改善される。上記で論じたように、調節処理は研磨パッドの表面を摩滅させ、そこから材料を除去するので、みぞの深さが減少する。その結果、みぞの深さを増大することによってパッドの寿命が増大する。

【0072】本発明は例示され説明された実施形態によって制限されることはなく、本発明の範囲は添付の請求項によって制限される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】化学的機械研磨装置の概略分解透視図である。

【図 2】キャリアヘッドと研磨パッドの概略断面図である。

【図 3】同心円形みぞを有する研磨パッドの概略上面図である。

【図 4】4-4 線から見た、図 3 の研磨パッドの概略断面図である。

【図 5】螺旋状みぞを使用した研磨パッドの概略上面図である。

【図 6】異なったみぞ間隔の領域を有する研磨パッドの概略上面図である。

【図 7】7-7 線から見た、図 6 の研磨パッドの断面図である。

【図 8】異なったみぞ幅の領域を有する研磨パッドの概略上面図である。

【図 9】9-9 線から見た、図 8 の研磨パッドの断面図である。

【図 10】異なったみぞ幅と異なったみぞ間隔の領域を有する研磨パッドの概略上面図である。

【図 11】11-11 線から見た、図 10 の研磨パッドの断面図である。

【図 12】螺旋みぞと異なったみぞピッチの領域を有す

る研磨パッドの概略上面図である。

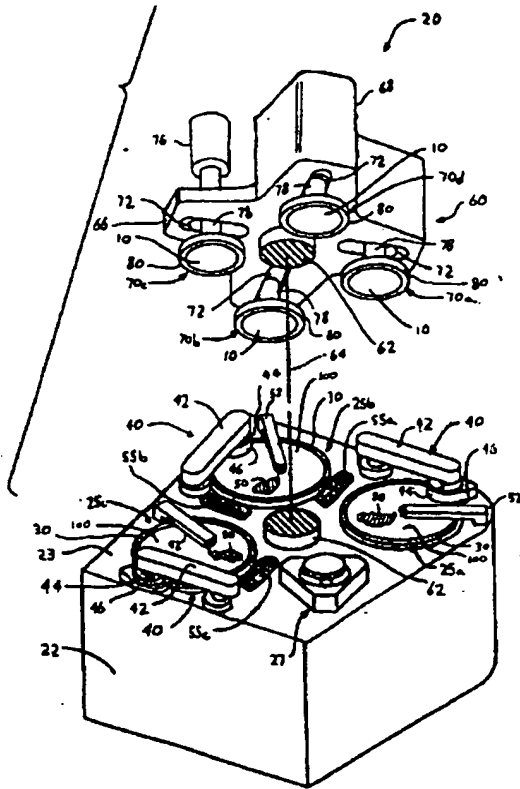
【図13】同心円形みぞと蛇行みぞを有する研磨パッドの概略上面図である。

【図14】半径中心の異なる円形みぞを有する研磨パッドの概略上面図である。

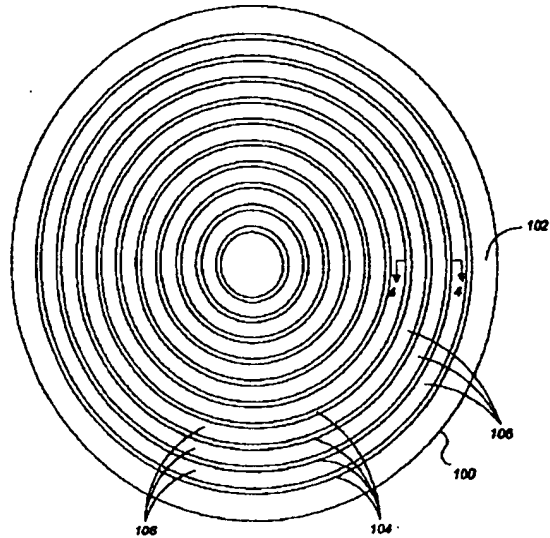
【図15】同心円形みぞとみぞ弓形部分を有する研磨パッドの概略上面図である。

【図16】同心円形みぞと螺旋みぞの両方を有する研磨パッドの概略上面図である。

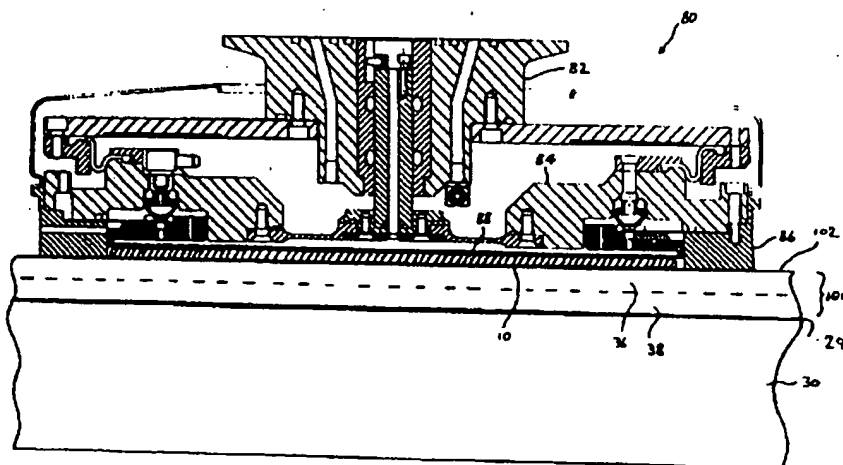
【図1】



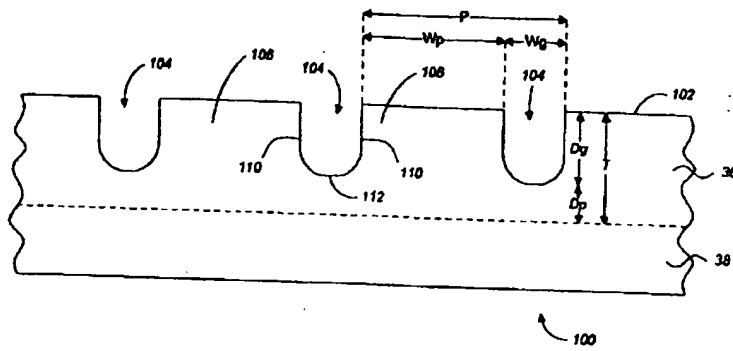
【図3】



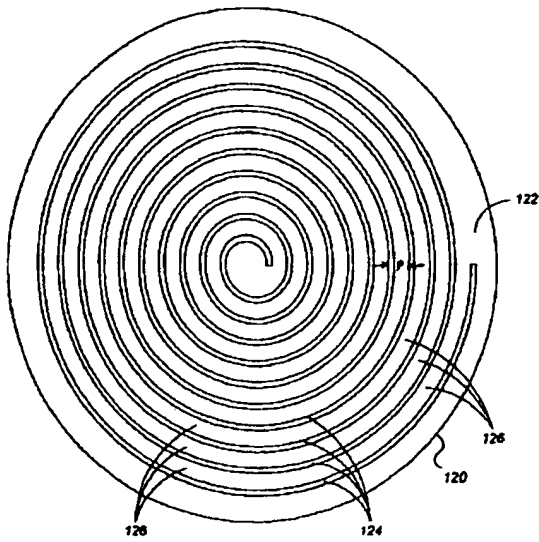
【図2】



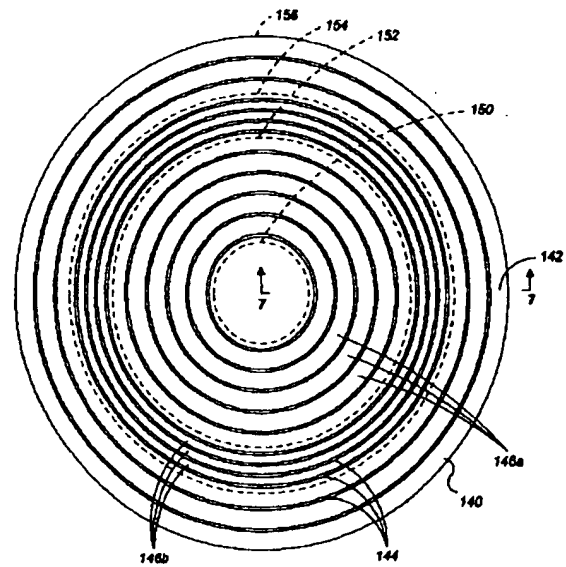
【図 4】



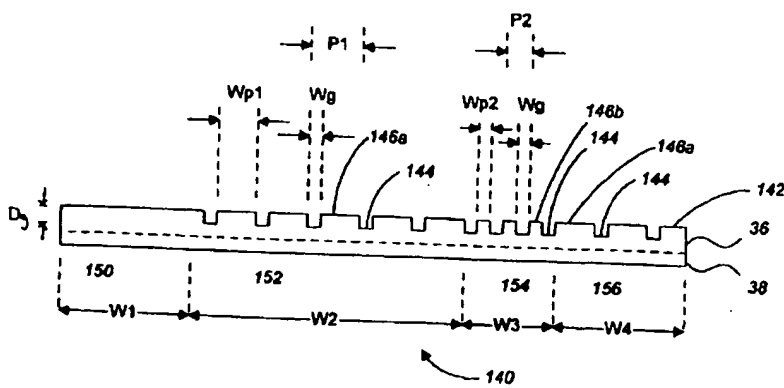
【図 5】



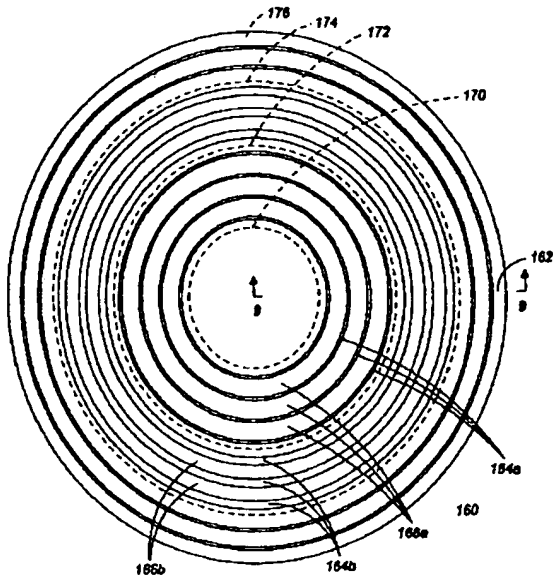
【図 6】



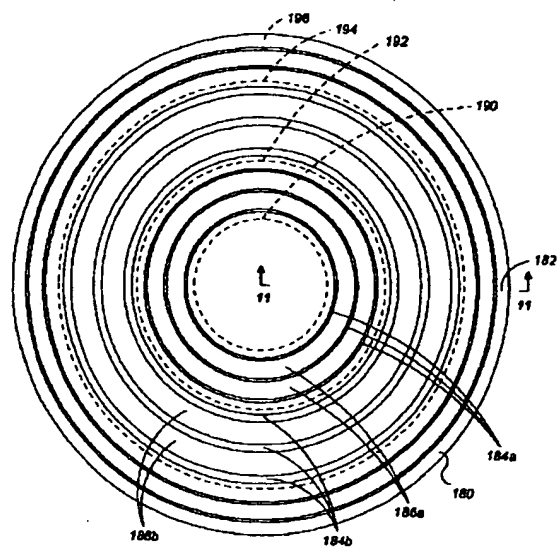
【図 7】



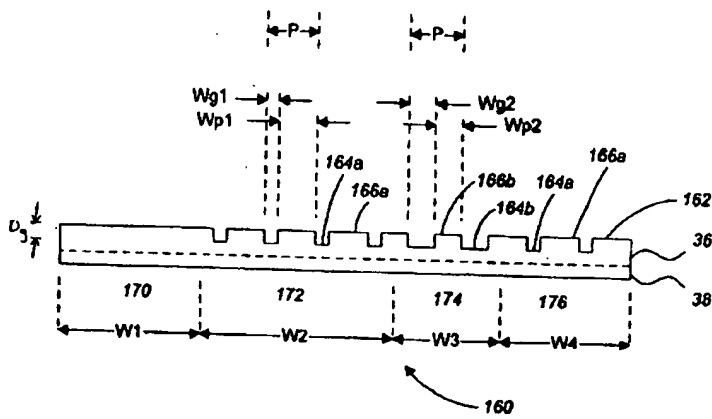
【図8】



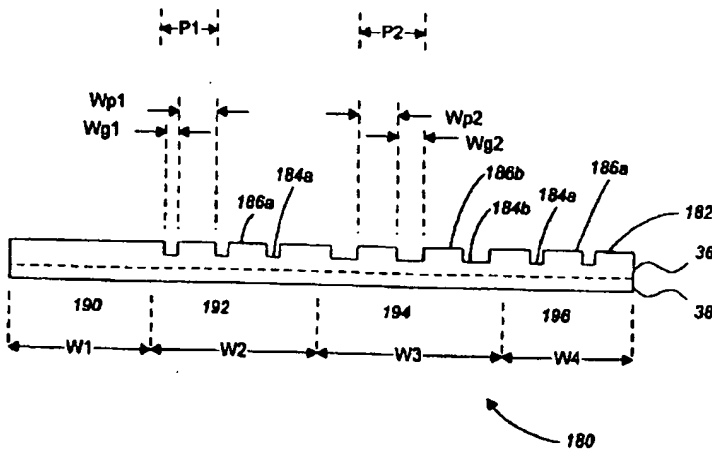
【図10】



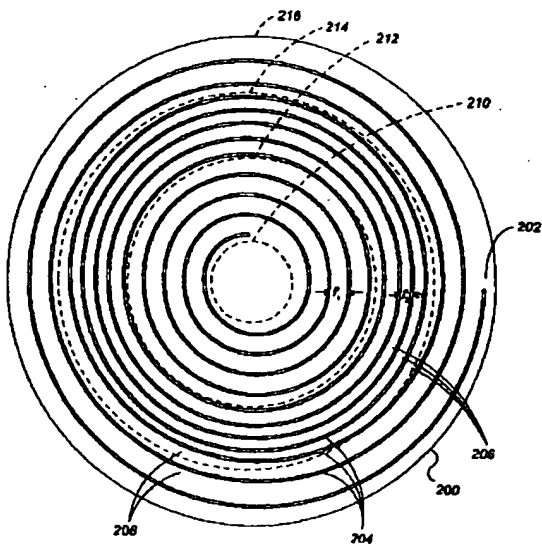
【図9】



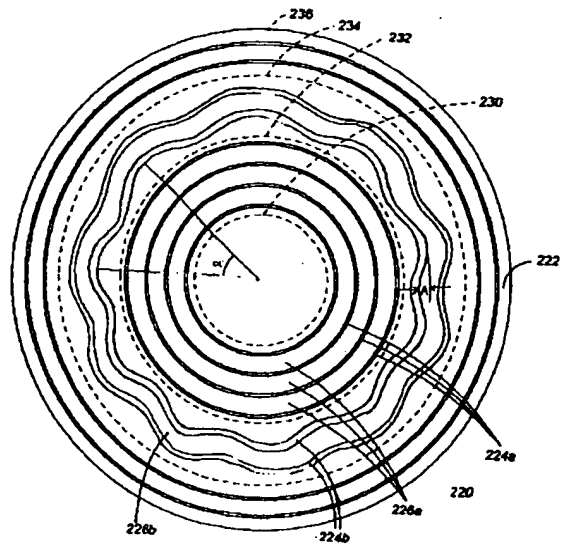
【図11】



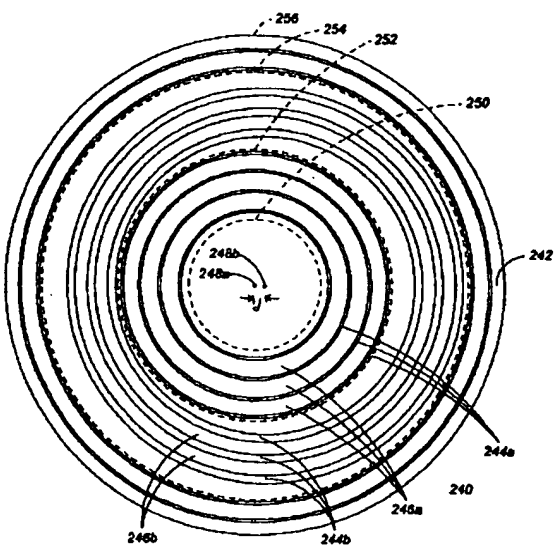
【図 12】



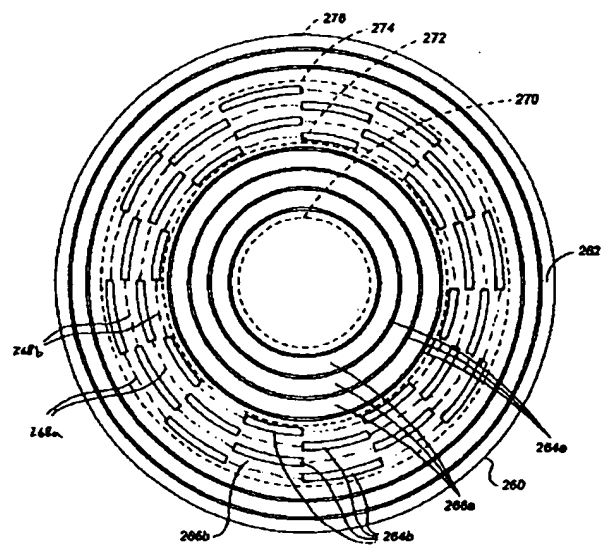
【図 13】



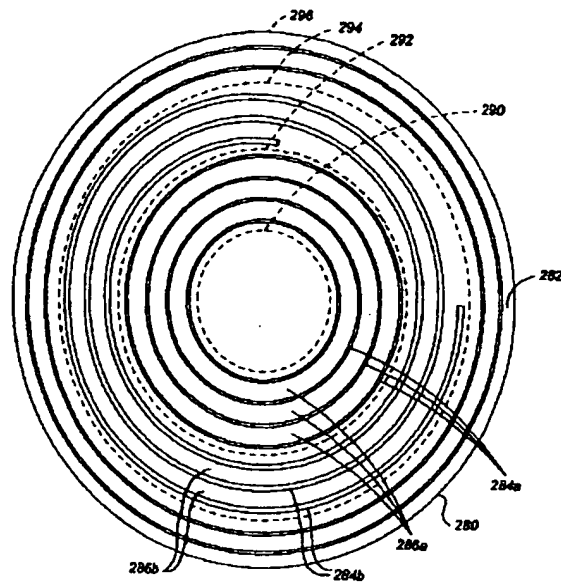
【図 14】



【図 15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 センーハウ コ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
クパティノ, レッド ファー コート  
21065

(72)発明者 ドイル エドワード ベネット

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
サンタ クララ, マッキンリー ドライ  
ヴ 3107

(72)発明者 フレッド シー. レデカー

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
フリーモント, スー ドライヴ 1801

(72)発明者 ジネット アーディエゴ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
バークレー, ボニタ ストリート  
1438, ナンバー 5



【外国語明細書】

1. Title of Invention

POLISHING PAD HAVING A GROOVED PATTERN  
FOR USE IN A CHEMICAL MECHANICAL POLISHING  
APPARATUS

整理番号: P98AM-073

(2/30)

## 2. Claims

1. A polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing system, comprising:  
a polishing surface having a plurality of substantially circular grooves, the grooves having a depth of at least about 0.02 inches, a width of at least about 0.015 inches, and a pitch of at least about 0.09 inches.
2. The polishing pad of claim 1 wherein the grooves have a depth between about 0.02 and 0.05 inches.
3. The polishing pad of claim 1 wherein the grooves have a width between about 0.015 and 0.04 inches.
4. The polishing pad of claim 1 wherein the grooves have a pitch between about 0.09 and 0.24 inches.
5. The polishing pad of claim 1 wherein the upper layer has a thickness between about 0.06 and 0.12 inches.
6. The polishing pad of claim 1 wherein the grooves having a depth of approximately 0.03 inches, a width of approximately 0.02 inches, and a pitch of approximately 0.12 inches.
7. The polishing pad of claim 1 wherein the grooves are separated by partitions, and the ratio of the width of the grooves to the partitions is between about 0.10 and 0.25.
8. A polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing system, comprising:  
a polishing surface having a spiral groove having a depth of at least about 0.02 inches, a width of at

整理番号: P98AM-073

(3/30)

least about 0.015 inches, and a pitch of at least about 0.09 inches.

9. A polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing apparatus, comprising:

a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves with a first width and a first pitch;

a second polishing region surrounding the first polishing region and having a second plurality of substantially circular concentric grooves with a second width and a second pitch; and

wherein at least one of the second width and second pitch differs from the first width and first pitch.

10. The polishing pad of claim 9, further comprising a third polishing region surrounding the second polishing region and having a third plurality of substantially circular concentric grooves with a third width and a third pitch.

11. The polishing pad of claim 10, wherein the third width and pitch are equal to the first width and pitch, respectively.

12. The polishing pad of claim 11, wherein the first pitch is larger than the second pitch.

13. The polishing pad of claim 12, wherein the first pitch is about two times larger than the second pitch.

14. The polishing pad of claim 11, wherein the first width is less than the second width.

整理番号: P98AM-073

(4/30)

15. The polishing pad of claim 14, wherein the second width is about six time greater than the first width.

16. The polishing pad of claim 9, wherein the first plurality of grooves are separated by a first plurality of annular partitions and the second plurality of grooves are separated by a second plurality of annular partitions, and the first plurality of partitions cover about 75% of the surface area of the first region and the second plurality of partitions cover about 50% of the surface area of the second region.

17. A polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing system, comprising:  
a polishing surface having a first polishing region and a second polishing region surrounding the first polishing region, a spiral groove formed in the polishing surface, the spiral groove having a first pitch in the first polishing region and a second, different pitch in the second polishing region.

18. A polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing apparatus, comprising:  
a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves; and  
a second polishing region surrounding the first polishing region and having a plurality of substantially serpentine grooves.

19. The polishing pad of claim 18, wherein at least one of the pitch and width of the circular grooves is different from the pitch or width of the serpentine grooves.

整理番号: P98AM-073

(5/30)

20. The polishing pad of claim 18, wherein the serpentine grooves have a pitch between about one and two times their amplitude and between about one-and-one-half and two times their width.

21. A polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing apparatus, comprising:  
a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves; and  
a second polishing region surrounding the first polishing region and having a second plurality of substantially circular concentric grooves, a center of the second plurality of concentric grooves being offset from a center of the first plurality of concentric grooves.

22. The polishing pad of claim 21, wherein the center of the first plurality of grooves is offset from the center of the second plurality of grooves by a distance approximately equal to a pitch of the second plurality of grooves.

23. The polishing pad of claim 21, wherein at least one of the pitch and width of the first plurality of circular grooves is different from the pitch or width of the second plurality of circular grooves.

24. A polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing apparatus, comprising:  
a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves; and  
a second polishing region surrounding the first polishing region and having a plurality of groove arc segments, the groove arc segments disposed along concentric circular paths such that each groove arc

整理番号: P98AM-073

(6/30)

segment does not radially overlap a groove arc segment on an adjacent path.

25. The polishing pad of claim 24, wherein at least one of the pitch and width of the circular grooves differs from the pitch or width of the groove arc segments.

26. A polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing apparatus, comprising:  
a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves; and  
a second polishing region surrounding the first polishing region and having a spiral groove.

27. The polishing pad of claim 26, wherein at least one of the pitch and width of the circular grooves differs from the pitch or width of the spiral groove.

整理番号: P98AM-073

(7/30)

### 3. Detailed Description of Invention

#### Background

The present invention relates generally to chemical mechanical polishing of substrates, and more particularly to a polishing pad having a grooved pattern for a chemical mechanical polishing apparatus.

Integrated circuits are typically formed on substrates, particularly silicon wafers, by the sequential deposition of conductive, semiconductive or insulative layers. After each layer is deposited, the layer is etched to create circuitry features. As a series of layers are sequentially deposited and etched, the outer or uppermost surface of the substrate, i.e., the exposed surface of the substrate, becomes increasingly non-planar. This non-planar outer surface presents a problem for the integrated circuit manufacturer. Therefore, there is a need to periodically planarize the substrate surface to provide a flat surface.

Chemical mechanical polishing (CMP) is one accepted method of planarization. This method typically requires that the substrate be mounted on a carrier or polishing head. The exposed surface of the substrate is then placed against a rotating polishing pad. The carrier head provides a controllable load, i.e., pressure, on the substrate to push it against the polishing pad. In addition, the carrier head may rotate to provide additional motion between the substrate and polishing surface.

A polishing slurry, including an abrasive and at least one chemically-reactive agent, may be supplied to the polishing pad to provide an abrasive chemical

整理番号: P98AM-073

(8/30)

solution at the interface between the pad and the substrate. CMP is a fairly complex process, and it differs from simple wet sanding. In a CMP process, the reactive agent in the slurry reacts with the outer surface of the substrate to form reactive sites. The interaction of the polishing pad and abrasive particles with the reactive sites on the substrate results in polishing of the substrate.

An effective CMP process not only provides a high polishing rate, but also provides a substrate surface which is finished (lacks small-scale roughness) and flat (lacks large-scale topography). The polishing rate, finish and flatness are determined by the pad and slurry combination, the relative speed between the substrate and pad, and the force pressing the substrate against the pad. The polishing rate sets the time needed to polish a layer. Because inadequate flatness and finish can create defective substrates, the selection of a polishing pad and slurry combination is usually dictated by the required finish and flatness. Given these constraints, the polishing time needed to achieve the required finish and flatness sets the maximum throughput of the CMP apparatus.

A recurring problem in CMP is non-uniformity of the polishing rate across the surface of the substrate. One source of this non-uniformity is the so-called "edge-effect", i.e., the tendency for the substrate edge to be polished at a different rate than the center of the substrate. Another source of non-uniformity is termed the "center slow effect", which is the tendency of center of the substrate to be underpolished. These non-uniform polishing effects reduce the overall flatness of the substrate and the substrate area suitable for integrated circuit fabrication, thus decreasing the process yield.



整理番号: P98AM-073

(9/30)

Another problem relates to slurry distribution. As indicated above, the CMP process is fairly complex, requiring the interaction of the polishing pad, abrasive particles and reactive agent with the substrate to obtain the desired polishing results. Accordingly, ineffective slurry distribution across the polishing pad surface provides less than optimal polishing results. Polishing pads used in the past have included perforations about the pad. These perforations, when filled, distribute slurry in their respective local regions as the polishing pad is compressed. This method of slurry distribution has limited effectiveness, since each perforation in effect acts independently. Thus, some of the perforations may have too little slurry, while others may have too much slurry. Furthermore, there is no way to directly channel the excess slurry to where it is most needed.

Another problem is "glazing" of the polishing pad. Glazing occurs when the polishing pad is heated and compressed in regions where the substrate is pressed against the pad. The peaks of the polishing pad are pressed down and the pits are filled up, so the polishing pad surface becomes smoother and less abrasive. As a result, the polishing time increases. Therefore, the polishing pad surface must be periodically returned to an abrasive condition, or "conditioned", to maintain a high throughput.

In addition, during the conditioning process, waste materials produced by conditioning the pad may fill or clog the perforations in the pad. Perforations clogged with such waste materials do not hold slurry effectively, thereby reducing the effectiveness of the polishing process.

An additional problem associated with filled or clogged pad perforations relates to the separation of the

整理番号: P98AM-073

(10/30)

polishing pad from the substrate after polishing has been completed. The polishing process produces a high degree of surface tension between the pad and the substrate. The perforations decrease the surface tension by reducing the contact area between the pad and the substrate. However, as the perforations become filled or clogged with waste material, the surface tension increases, making it more difficult to separate the pad and the substrate. As such, the substrate is more likely to be damaged during the separation process.

Yet another problem in CMP is referred to as the "planarizing effect". Ideally, a polishing pad only polishes peaks in the topography of the substrate. After a certain period of polishing, the areas of these peaks will eventually be level with the valleys, resulting in a substantially planar surface. However, if a substrate is subjected to the "planarizing effect", the peaks and valleys will be polished simultaneously. The "planarizing effect" results from the compressible nature of the polishing pad in response to point loading. In particular, if the polishing pad is too flexible, it will deform and contact a large surface area of the substrate, including both the peaks and the valleys in the substrate surface.

Accordingly, it would be useful to provide a CMP apparatus which ameliorates some, if not all, of these problems.

#### Summary

In one aspect, the present invention is directed to a polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing system. The polishing pad has a polishing surface having a plurality of substantially circular grooves. The grooves having a depth of at least about 0.02 inches, a width of at least

整理番号: P98AM-073

(11/30)

about 0.015 inches, and a pitch of at least about 0.09 inches.

Implementations of the invention include the following. The grooves may be concentrically arranged and uniformly spaced over the polishing surface. The grooves may have a depth between 0.02 and 0.05 inches, such as 0.03 inches, a width between about 0.015 and 0.04 inches, such as 0.20 inches, and a pitch between about 0.09 and 0.24 inches, such as 0.12 inches. The polishing pad may comprise an upper layer and a lower layer with the grooves being formed in the upper layer. The upper layer may have a thickness between about 0.06 and 0.12 inches, and the distance between a bottom portion of the grooves and the lower layer may be about 0.04 inches. The grooves may be separated by partitions, and the ratio of the width of the grooves to the partitions may be between about 0.10 and 0.25.

In another aspect, a polishing surface of the polishing pad has a spiral groove having a depth of at least about 0.02 inches, a width of at least about 0.015 inches, and a pitch of at least about 0.09 inches.

In another aspect, the invention is directed to a polishing pad for polishing a substrate in a chemical mechanical polishing apparatus. The polishing pad comprises a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves with a first width and a first pitch, and a second polishing region surrounding the first polishing region and having a second plurality of substantially circular concentric grooves with a second width and a second pitch. At least one of the second width and second pitch differs from the first width and first pitch.

In another aspect, the polishing pad comprises a polishing surface having a first polishing region and a second polishing region surrounding the first polishing

整理番号: P 9 8 AM-0 7 3

(12/30)

region, a spiral groove formed in the polishing surface, the spiral groove having a first pitch in the first polishing region and a second, different pitch in the second polishing region.

In another aspect, the polishing pad comprises a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves, and a second polishing region surrounding the first polishing region and having a plurality of substantially serpentine grooves.

In another aspect, the polishing pad comprises a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves, and a second polishing region surrounding the first polishing region and having a second plurality of substantially circular concentric grooves. A center of the second plurality of concentric grooves is offset from a center of the first plurality of concentric grooves.

In another aspect, the polishing pad comprises a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves, and a second polishing region surrounding the first polishing region and having a plurality of groove arc segments. The groove arc segments are disposed along concentric circular paths such that each groove arc segment does not radially overlap a groove arc segment on an adjacent path.

In another aspect, the polishing pad comprises a first polishing region having a first plurality of substantially circular concentric grooves, and a second polishing region surrounding the first polishing region and having a spiral groove.

Implementations of the invention may include the following. Each groove may have a depth of at least about 0.02 inches, a width of at least about 0.015

整理番号: P98AM-073

(13/30)

inches, and a pitch of at least about 0.09 inches. A third polishing region may surround the second polishing region and have substantially circular concentric grooves. The width and pitch of the grooves in the third region may be equal to the width and pitch of the grooves in the first region. The pitch of the groove or grooves in the first region may be different, e.g., larger, than the pitch of the groove or grooves in the second region. The width of the groove or grooves in the first region may be different, e.g., smaller, than the pitch of the groove or grooves in the second region. Specifically, the first pitch may be about two times larger than the second pitch, and the second width may be about six times greater than the first width. The grooves in the first region may cover about 25% of the surface area of the first region, and the grooves in the second region may cover about 50% of the surface area of the second region. The spiral groove may have a uniform width. The serpentine grooves may have a pitch between about one and two times their amplitude, or between about one-and-one-half and two times their width. The grooves in the second region may have a width of about 0.125 inches and a pitch of about 0.2 inches. The serpentine groove may have an amplitude between about 0.2 and 0.4 inches. The center of the first plurality of circular grooves may be offset from the center of the second plurality of circular grooves by a distance approximately equal to a pitch of the second plurality of grooves. The grooves in the third region may be concentric with the grooves in the first region.

Advantages of the invention include the following. The polishing pad provides improved polishing uniformity. The grooves of the polishing pad provide an effective way to distribute slurry across the pad. The grooves are sufficiently wide that waste material produced by the

整理番号: P 9 8 AM-0 7 3

(14/30)

conditioning process can be flushed from the grooves. The polishing pad is sufficiently rigid to avoid the "planarizing effect". The polishing pad's relatively deep grooves also improve the pad lifetime.

Other features and advantages will be apparent from the following description, including the drawings and claims.

#### Detailed Description

Referring to FIG. 1, one or more substrates 10 will be polished by a chemical mechanical polishing apparatus 20. A complete description of polishing apparatus 20 may be found in U.S. Patent No. 5,738,574, the entire disclosure of which is incorporated herein by reference. Polishing apparatus 20 includes a lower machine base 22 with a table top 23 mounted thereon and a removable outer cover (not shown). Table top 23 supports a series of polishing stations 25a, 25b and 25c, and a transfer station 27. Transfer station 27 forms a generally square arrangement with the three polishing stations 25a, 25b and 25c. Transfer station 27 serves multiple functions, including receiving individual substrates 10 from a loading apparatus (not shown), washing the substrates, loading the substrates into carrier heads (to be described below), receiving the substrates from the carrier heads, washing the substrates again, and finally, transferring the substrates back to the loading apparatus.

Each polishing station includes a rotatable platen 30 on which is placed a polishing pad 100. If substrate 10 is an "eight-inch" (200 millimeter) or "twelve-inch"

整理番号: P 98 AM-073

(15/30)

(300 millimeter) diameter disk, then platen 30 and polishing pad 100 will be about twenty inches in diameter. Platen 30 may be a rotatable aluminum or stainless steel plate connected to a platen drive motor (not shown). For most polishing processes, the platen drive motor rotates platen 30 at thirty to two hundred revolutions per minute, although lower or higher rotational speeds may be used.

Each polishing station 25a-25c may further include an associated pad conditioner apparatus 40. Each pad conditioner apparatus 40 has a rotatable arm 42 holding an independently-rotating conditioner head 44 and an associated washing basin 46. The conditioner apparatus maintains the condition of the polishing pad so it will effectively polish any substrate pressed against it while it is rotating.

A slurry 50 containing a reactive agent (e.g., deionized water for oxide polishing), abrasive particles (e.g., silicon dioxide for oxide polishing) and a chemically-reactive catalyzer (e.g., potassium hydroxide for oxide polishing) is supplied to the surface of polishing pad 100 by a combined slurry/rinse arm 52. The slurry/rinse arm may include two or more slurry supply tubes to provide slurry to the surface of the polishing pad. Sufficient slurry is provided to cover and wet the entire polishing pad 100. Slurry/rinse arm 52 also includes several spray nozzles (not shown) which provide a high-pressure rinse of polishing pad 100 at the end of each polishing and conditioning cycle.

Two or more intermediate washing stations 55a and 55b may be positioned between neighboring polishing stations 25a, 25b and 25c. The washing stations rinse the substrates as they pass from one polishing station to another.

整理番号: P98AM-073

(16/30)

A rotatable multi-head carousel 60 is positioned above lower machine base 22. Carousel 60 is supported by a center post 62 and is rotated thereon about a carousel axis 64 by a carousel motor assembly located within base 22. Center post 62 supports a carousel support plate 66 and a cover 68. Carousel 60 includes four carrier head systems 70a, 70b, 70c, and 70d. Three of the carrier head systems receive and hold substrates, and polish them by pressing them against polishing pads 100 on platens 30 of polishing stations 25a-25c. One of the carrier head systems receives a substrate from and delivers a substrate to transfer station 27.

The four carrier head systems 70a-70d are mounted on carousel support plate 66 at equal angular intervals about carousel axis 64. Center post 62 allows the carousel motor to rotate carousel support plate 66 and to orbit carrier head systems 70a-70d and the substrates attached thereto about carousel axis 64.

Each carrier head system 70a-70d includes a carrier or carrier head 80. Each carrier head 80 independently rotates about its own axis. A carrier drive shaft 74 connects a carrier head rotation motor 76 (shown by the removal of one quarter of cover 68) to carrier head 80. There is one carrier drive shaft and motor for each head. In addition, each carrier head 80 independently laterally oscillates in a radial slot 72 formed in carousel support plate 66. A slider (not shown) supports each drive shaft 74 in radial slot 72. A radial drive motor (not shown) may move the slider to laterally oscillate the carrier head.

The carrier head 80 performs several mechanical functions. Generally, the carrier head holds the substrate against the polishing pad, evenly distributes a downward pressure across the back surface of the substrate, transfers torque from the drive shaft to the



整理番号: P98AM-073

(17/30)

substrate, and ensures that the substrate does not slip out from beneath the carrier head during polishing operations.

Referring to FIG. 2, each carrier head 80 includes a housing assembly 82, a base assembly 84 and a retaining ring assembly 96. A loading mechanism may connect base assembly 84 to housing assembly 82. The base assembly 84 may include a flexible membrane 88 which provides a substrate receiving surface for the carrier head. A description of carrier head 80 may be found in U.S. Patent Application Serial No. 08/745,679, entitled A CARRIER HEAD WITH A FLEXIBLE MEMBRANE FOR A CHEMICAL MECHANICAL POLISHING SYSTEM, filed November 8, 1996, by Steven M. Zuniga et al., assigned to the assignee of the present invention, the entire disclosure of which is incorporated herein by reference.

Polishing pad 100 may comprise a composite material having a roughened polishing surface 102. Polishing pad 100 may have an upper layer 36 and a lower layer 38. Lower layer 38 may be attached to platen 30 by a pressure-sensitive adhesive layer 39. Upper layer 36 may be harder than lower layer 38. Upper layer 36 may be composed of polyurethane or polyurethane mixed with a filler. Lower layer 38 may be composed of compressed felt fibers leached with urethane. A two-layer polishing pad, with the upper layer composed of IC-1000 and the lower layer composed of SUBA-4, is available from Rodel, Inc. of Newark, Delaware (IC-1000 and SUBA-4 are product names of Rodel, Inc.).

Referring to FIGS. 3 and 4, a plurality of concentric circular grooves 104 are disposed in polishing surface 102 of polishing pad 100. Advantageously, these grooves are uniformly spaced with a pitch P. The pitch P, as shown mostly clearly by FIG. 4, is the radial distance between adjacent grooves. Between each groove

整理番号: P98AM-073

(18/30)

is an annular partition 106 having a width  $W_p$ . Each groove 104 includes walls 110 which terminate in a substantially U-shaped base portion 112. Each groove may have a depth  $D_g$  and a width  $W_g$ . Alternately, the grooves may have a rectangular cross-section.

The walls 110 may be generally perpendicular and terminate at U-shaped base 112. Each polishing cycle results in wear of the polishing pad, generally in the form of thinning of the polishing pad as polishing surface 102 is worn down. The width  $W_g$  of a groove with substantially perpendicular walls 110 does not change as the polishing pad is worn. Thus, the generally perpendicular walls ensure that the polishing pad has a substantially uniform surface area over its operating lifetime.

The various embodiments of the polishing pad include wide and deep grooves in comparison to those used in the past. The grooves 104 have a minimum width  $W_g$  of about 0.015 inches. Each groove 104 may have a width  $W_g$  between about 0.015 and 0.04 inches. Specifically, the grooves may have a width  $W_g$  of approximately 0.020 inches. Each partition 106 may have a width  $W_p$  between about 0.075 and 0.20 inches. Specifically, the partitions may have a width  $W_p$  of approximately 0.10 inches. Accordingly, the pitch  $P$  between the grooves may be between about 0.09 and 0.24 inches. Specifically, the pitch may be approximately 0.12 inches.

The ratio of groove width  $W_g$  to partition width  $W_p$  may be selected to be between about 0.10 and 0.25. The ratio may be approximately 0.2. If the grooves are too wide, the polishing pad will be too flexible, and the "planarizing effect" will occur. On the other hand, if the grooves are too narrow, it becomes difficult to remove waste material from the grooves. Similarly, if the pitch is too small, the grooves will be too close

整理番号: P 9 8 AM-0 7 3

(19/30)

together and the polishing pad will be too flexible. On the other hand, if the pitch is too large, slurry will not be evenly transported to the entire surface of the substrate.

The grooves 104 also have a depth  $D_g$  of at least about 0.02 inches. The depth  $D_g$  may be between about 0.02 and 0.05 inches. Specifically, the depth  $D_g$  of the grooves may be approximately 0.03 inches. Upper layer 36 may have a thickness  $T$  between about 0.06 and 0.12 inches. As such, the thickness  $T$  may be about 0.07 inches. The thickness  $T$  should be selected so that the distance  $D_p$  between the bottom of base portion 112 and lower layer 38 is between about 0.035 and 0.085 inches. Specifically, the distance  $D_p$  may be about 0.04 inches. If the distance  $D_p$  is too small, the polishing pad will be too flexible. On the other hand, if the distance  $D_p$  is too large, the polishing pad will be thick and, consequently, more expensive. Other embodiments of the polishing pad may have grooves with a similar depth.

Referring to FIG. 3, grooves 104 form a pattern defining a plurality of annular islands or projections. The surface area presented by these islands for polishing is between about 90% and 75% of the total surface area of polishing pad 100. As a result, the surface tension between the substrate and the polishing pad is reduced, facilitating separation of the polishing pad from the substrate at the completion of a polishing cycle.

Referring to FIG. 5, in another embodiment, a spiral groove 124 is disposed in a polishing surface 122 of a polishing pad 120. Advantageously, the groove is uniformly spaced with a pitch  $P$ . A spiral partition 126 separates the rings of the spiral. Spiral groove 124 and spiral partition 126 may have the same dimensions as circular groove 104 and circular partition 106 of FIG. 3. That is, spiral groove 124 may have depth of at least

整理番号: P98AM-073

(20/30)

about 0.02 inches, a width of at least about 0.015 inches, and a pitch of at least about 0.09 inches. Specifically, spiral groove 124 may have a depth between 0.02 and 0.05 inches, such as 0.03 inches, a width between about 0.015 and 0.40 inches, such as 0.20 inches, and a pitch  $P$  between about 0.09 and 0.24 inches, such as 0.12 inches.

Referring to FIGS. 6 and 7, in another embodiment, a plurality of concentric circular grooves 144 are disposed in a polishing surface 142 of a polishing pad 140. However, these grooves are not uniformly spaced. Rather, polishing surface 142 is partitioned into regions in which the grooves are spaced apart with different pitches. In addition, the grooves do not necessarily have a uniform depth.

In one implementation, polishing surface 142 is divided into four concentric regions including an innermost region 150, an annular outermost region 156 and two intermediate regions 152 and 154. Region 150 may be constructed without grooves, and the grooves in region 154 may be more closely spaced than the grooves in regions 152 and 156. Thus, the grooves in the region 154 are spaced apart with a pitch  $P_2$ , whereas the grooves in regions 152 and 156 are spaced apart with a pitch  $P_1$ , where  $P_2$  is less than  $P_1$ . Each groove 144 may have a width  $W_g$ . The width  $W_g$  may be between about 0.015 and 0.04 inches, such as about 0.02 inches. The grooves may also have a uniform depth  $D_g$  of about 0.02 inches for a 0.05 inch thick upper layer 36, or about 0.03 inches for a 0.08 inch thick upper layer.

Between each groove in wide-pitch regions 152 and 156 is a wide annular partition 146a having a width  $W_{p1}$ , whereas between each groove in narrow-pitch region 154 is an narrow annular partition 146b having a width  $W_{p2}$ . Each wide partition 146a may have a width  $W_{p1}$  between

整理番号: P98AM-073

(21/30)

about 0.12 and 0.24 inches, such as about 0.18 inches. Accordingly, the pitch P1 between the grooves in the wide partition regions may be between about 0.09 and 0.24 inches, such as 0.2 inches. Thus, pitch P1 may be about twice as large as pitch P2. The surface area presented by wide partitions 146a is about 90% of the available surface area of the wide partition regions.

As previously noted, the grooves in region 154 may be spaced closer together. Each narrow partition 146b may have a width Wp2 between about 0.04 and 0.12 inches, such as about 0.08 inches. Accordingly, the pitch P2 between the grooves in the narrow partition region may be between about 0.045 and 0.2 inches, such as 0.10 inches. The surface area presented by narrow partitions 146b is about 75% of the available surface area of the narrow partition region.

Polishing pad 140 is particularly suited to reduce polishing uniformity problems, such as the so-called "fast band" effect. The fast band effect tends to appear in oxide polishing using a two-layer polishing pad with an SS12 slurry containing fumed silicas. The fast band effect causes an annular region of the substrate, the center of which is located approximately 15 millimeters from the substrate edge, to be significantly over-polished. This annular region may be about 20 millimeters wide. If polishing pad 140 is constructed to counter the fast band effect, the first region 150 may have a radius W1 of about 3.2 inches, the second region 152 may have a width W2 of about 4.8 inches, the third region 154 may have a width W3 of about 1.2 inches, and the fourth region 156 may have a width W4 of about 0.8 inches. These widths assume that the polishing pad is about 20 inches in diameter, and that the substrate will be moved across the polishing pad surface with a sweep range of about 0.8 inches, so that the substrate will be

整理番号: P 9 8 AM-0 7 3

(22/30)

about 0.2 inches from the edge of the pad at the outermost point of the sweep and about 1.0 inches from the center of the pad at the innermost point of the sweep.

It appears that the polishing rate is comparable to the percentage of polishing pad surface area that contacts the substrate during polishing. By providing the polishing pad with a region in which more surface area is occupied by the grooves, the polishing rate is reduced in that region. Specifically, the closely spaced grooves in region 154 decrease the polishing rate in the otherwise over-polished portions of the substrate. Consequently, the polishing pad compensates for the fast band effect and improves polishing uniformity.

In another embodiment, referring to FIGS. 8 and 9, a plurality of concentric circular grooves 164a and 164b are disposed in a polishing surface 162 of a polishing pad 160. These grooves 164a and 164b may be uniformly spaced with a pitch P. However, the grooves do not have a uniform width.

In one implementation, polishing surface 162 is divided into four concentric regions, including an innermost region 170, an outermost region 176, and two intermediate regions 172 and 174. Region 170 may be constructed without grooves, and the grooves 164b in region 174 may be wider than the grooves 164a in regions 172 and 176. The narrow grooves 164a may have a width  $Wg1$  whereas the wide grooves 164b may have a width  $Wg2$ . Between each narrow groove 164a is a wide annular partition 166a having a width  $Wp1$ , whereas between each wide groove 164b is a narrow annular partition 166b having a width  $Wp2$ .

The wide grooves may be approximately two to twenty times, e.g., six times, wider than the narrow grooves. The narrow grooves 164a may have a width  $Wg1$

整理番号: P 9 8 AM-0 7 3

(23/30)

between about 0.015 and 0.04 inches, such as 0.02 inches, whereas the wide grooves 164b may have a width  $Wg2$  between about 0.04 and 0.3 inches, such as 0.125 inches. The wide partitions 166a may have a width  $Wp1$  of between about 0.10 and 0.385 inches, such as 0.18 inches, whereas the narrow partitions 166b may have a width  $Wp2$  between about 0.05 and 0.10 inches, such as 0.075 inches. The grooves may be evenly spaced with a pitch  $P$  between about 0.09 and 0.40 inches, such as 0.2 inches. In the narrow groove regions 172 and 176, the partitions cover about 75% of the available surface area whereas in the wide-grooved region 174 the partitions cover about 50% of the available surface area.

It should be noted that a variety of groove widths and/or spacings may be used to achieve the desired contact surface area. The key factor is that there be less surface area to contact the portions of the substrate which would otherwise be overpolished. A polishing pad having non-uniform groove spacings and widths may also be useful in processes in which nonuniform polishing of a substrate is desired.

In another embodiment, referring to FIGS. 10 and 11, a plurality of concentric circular grooves 184a and 184b are disposed in a polishing surface 184 of a polishing pad 180. These grooves 184a and 184b have both a non-uniform pitch and a non-uniform width.

In one implementation, polishing surface 182 is divided into four concentric regions, including an innermost region 190, an outermost region 196, and two intermediate regions 192 and 194. Region 190 may be constructed without grooves, and grooves 184b in region 194 may be wider but spaced farther apart than grooves 184a in regions 192 and 196. The narrow grooves 184a may have a width  $Wg1$  of about 0.02 inches, whereas wide grooves 184b may have a width  $Wg2$  of about 0.125 inches.

整理番号: P98AM-073

(24/30)

The narrow grooves 184a may be disposed with a pitch P1 of about 0.12 inches, whereas wide grooves 184b in region 194 may be disposed with a pitch P2 of about 0.2 inches. Between each narrow groove 184a is an annular partition 186a having a width Wp1 of about 0.1 inches, whereas between each wide groove 184b is an annular partition 186b having a width Wp2 of about 0.075 inches.

Referring to FIG. 12, in another embodiment, a spiral groove 204 is disposed in a polishing surface 202 of a polishing pad 200. A spiral partition 206 separates the rings of the spiral. The groove 204 has a non-uniform pitch. The width of groove 204 may be uniform or non-uniform.

Polishing surface 202 may be divided into four concentric regions, including an innermost region 210, an outermost region 216, and two intermediate regions 212 and 214. In region 214 the spiral groove has a narrower pitch than in regions 212 and 216. Specifically, spiral groove 204 may have a pitch P1 of about 0.20 inches in regions 212 and 216, and a pitch P2 of about 0.12 inches in region 214. Spiral groove 204 does not extend into region 210.

Referring to FIG. 13, in another embodiment, a plurality of concentric circular grooves 224a and a plurality of serpentine grooves 224b are disposed in a polishing surface 224 of a polishing pad 220. Serpentine grooves 224b may be wider than circular grooves 224a. Between each circular groove 224a is an annular partition 226a, whereas between each serpentine groove 224b is a serpentine partition 226b. Although not illustrated, some of the serpentine grooves 224b may intersect some of the circular grooves 224a.

Polishing surface 222 may be divided into four concentric regions, including an innermost region 230, an outermost region 236, and two intermediate regions 232



整理番号: P98AM-073

(25/30)

and 234. Region 230 may be constructed without grooves, whereas serpentine grooves may be located in region 234, and circular grooves may be located in regions 232 and 236. Circular grooves 224a may be constructed with a width of about 0.02 inches and a pitch of about 0.12 inches. Each serpentine grooves 224b may undulate between its innermost and outermost radius with an amplitude  $A$  of about 0.1 to 0.5 inches, such as 0.2 or 0.4 inches. Each undulation of a serpentine groove may extend through an angle  $\alpha$  between about 5 and 180 degrees, such as 15 degrees. Thus, each serpentine grooves 224b may have between about 2 and 72, e.g., 24, undulations. The serpentine grooves 224b may have a width of about 0.125 inches and a pitch of about 0.20 inches. The second pitch of serpentine grooves 224 may be between about one and two times their amplitude, or between about one-and-one-half and two times their second width.

In an exemplary polishing pad, region 232 may extend from a radius of about 3.2 inches to a radius of about 8.0 inches, region 234 may extend from a radius of about 8.0 inches to a radius of about 9.2 inches, and region 236 may extend from a radius of about 9.2 inches to a radius of about 9.92 inches.

Referring to FIG. 14, in still another embodiment, circular grooves 244a and 244b are disposed in a polishing surface 242 of a polishing pad 240. These grooves have non-uniform widths. In addition, grooves 244a are concentric about a point 248a, whereas grooves 244b are concentric about a different point 248b. Grooves 244a are separated by annular partitions 246a, whereas grooves 244b are separated by annular partitions 246b. The center points 248a and 248b may be separated by a distance  $d$  approximately equal to the pitch between grooves 244b. Although not illustrated, some of the

整理番号: P 9 8 AM-0 7 3

(26/30)

circular grooves 244a may intersect some of the circular grooves 244b.

Polishing surface 242 is divided into four concentric regions including an innermost region 250, an outermost region 256, and two intermediate regions 252 and 254. The grooves in regions 252 and 256 are concentric about point 248a, whereas the grooves in region 254 are concentric about point 248b. Grooves 244a and 244b may have widths of 0.02 and 0.125, respectively, and pitches of 0.20 and 0.24, respectively.

Referring to FIG. 15, in yet another embodiment, a plurality of concentric circular grooves 264a and a plurality of segmented groove arcs 264b are formed in a polishing surface 262 of a polishing pad 260. The segmented groove arcs 264b are disposed along adjacent concentric circular paths 268a and 268b. The arcs may be offset so that the arcs on paths 268a are not adjacent to the arcs on paths 268b. An annular partition 266a separates each circular groove 264a, whereas a single partition 266b encompasses groove arcs 264b.

Polishing surface 262 may be divided into four concentric regions, including an innermost region 270, an outermost region 276, and two intermediate regions 272 and 274. Region 270 may be constructed without grooves, whereas groove arcs 264b may be located in region 274 and circular grooves 264a may be located in regions 272 and 276. Circular grooves 264a may have a width of about 0.02 inches and a pitch of about 0.20 inches. Groove arcs 264b may have a width of about 0.125 inches, and circular paths 268a and 268b may be spaced apart by about 0.2 inches. In this embodiment, the pitch may be considered as the between adjacent circular paths.

Referring to FIG. 16, in still another embodiment, a plurality of concentric circular grooves 284a and a spiral groove 284b are formed in a polishing surface 282

整理番号: P98AM-073

(27/30)

of a polishing pad 280. An annular partition 286a separates each circular groove 284a, whereas spiral groove 284b defines a spiral partition 286b.

Polishing surface 282 may be divided into four concentric regions, including an innermost region 290, an outermost region 296, and two intermediate regions 292 and 294. Region 290 may be constructed without grooves, whereas spiral groove 284b may be located in region 294 and circular grooves 284a may be located in regions 292 and 296. Circular grooves 284a may be constructed similarly to circular grooves 264a, i.e., with a width of about 0.02 inches and a pitch of about 0.12 inches. Spiral groove 284b may have a width of about 0.125 inches, and a pitch of about 0.2 inches. In an exemplary polishing pad, region 282 may extend from a radius of about 3.2 inches to a radius of about 7.88 inches, region 284 may extend from a radius of about 8.0 inches to a radius of about 9.2 inches, and region 286 may extend from a radius of about 9.32 inches to a radius of about 9.92 inches.

In addition, in all of the embodiments, there may be gradients of groove width and/or partition width between adjacent regions. These gradients provide polishing at rates intermediate to the rates in the adjacent regions. Since the substrate is oscillated across the polishing pad surface, the intermediate polishing rates will provide more uniform polishing between adjacent areas of the substrate.

The grooves of the embodiments described above provide air channels which reduce any vacuum build-up between the polishing pad and the substrate. However, as the surface area available for polishing decreases, an accompanying increase in the polishing time may be required to achieve the same polishing results.

整理番号: P 9 8 AM-0 7 3

(28/30)

The grooves may be formed in the polishing surface by cutting or milling. Specifically, a saw blade on a mill may be used to cut grooves in the polishing surface. Alternatively, grooves may be formed by embossing or pressing the polishing surface with a hydraulic or pneumatic press. The relatively simple groove pattern avoids expensive machining. Also, the grooves may be formed by preparing the polishing pad in a mold. For example, the grooves may be formed during a polymerization reaction in which the polishing pad is cast from a mold which contains a negative image of the grooves.

As was described above, the slurry/rinse arm provides slurry to the polishing surface. The continuous channels formed in the polishing pad facilitate the migration of slurry around the polishing pad. Thus, excess slurry in any region of the pad may be transferred to another region by the groove structure, providing more uniform coverage of slurry over the polishing surface. Accordingly, the distribution of slurry is improved and any variations in the polishing rate attributable to poor slurry distribution will be reduced.

In addition, the grooves reduce the possibility that waste materials generated during the polishing and conditioning cycles will interfere with slurry distribution. The grooves facilitate the migration of waste materials away from the polishing pad surface, reducing the possibility of clogging. The width of the grooves permits a spray rinse from slurry/rinse arm 52 to effectively flush the waste materials from the grooves.

The depth of the grooves improves polishing pad lifetime. As discussed above, the conditioning process abrades and removes material from the surface of the polishing pad, thereby reducing the depth of the grooves.

整理番号: P 9 8 AM-0 7 3

(29/30)

Consequently, the lifetime of the pad may be increased by increasing the groove depth.

The invention is not limited to the embodiment depicted and described. Rather, the scope of the invention is defined by the appended claims.

整理番号: P98AM-073

(30/30)

#### 4. Brief Description of Drawings

FIG. 1 is a schematic exploded perspective view of a chemical mechanical polishing apparatus.

FIG. 2 is a schematic cross-sectional view of a carrier head and a polishing pad.

FIG. 3 is a schematic top view of a polishing pad having concentric circular grooves.

FIG. 4 is a schematic cross-sectional view of the polishing pad of FIG. 3 along line 4-4.

FIG. 5 is a schematic top view of a polishing pad using a spiral groove.

FIG. 6 is a schematic top view of a polishing pad having regions of different groove spacing.

FIG. 7 is a cross-sectional view of the polishing pad of FIG. 6 along line 7-7.

FIG. 8 is a schematic top view of a polishing pad having regions with different groove widths.

FIG. 9 is a cross-sectional view of the polishing pad of FIG. 8 along line 9-9.

FIG. 10 is a schematic top view of a polishing pad having regions with different groove widths and different groove spacing.

FIG. 11 is a cross-sectional view of the polishing pad of FIG. 10 along line 11-11.

FIG. 12 is a schematic top view of a polishing pad having a spiral groove and regions of different groove pitch.

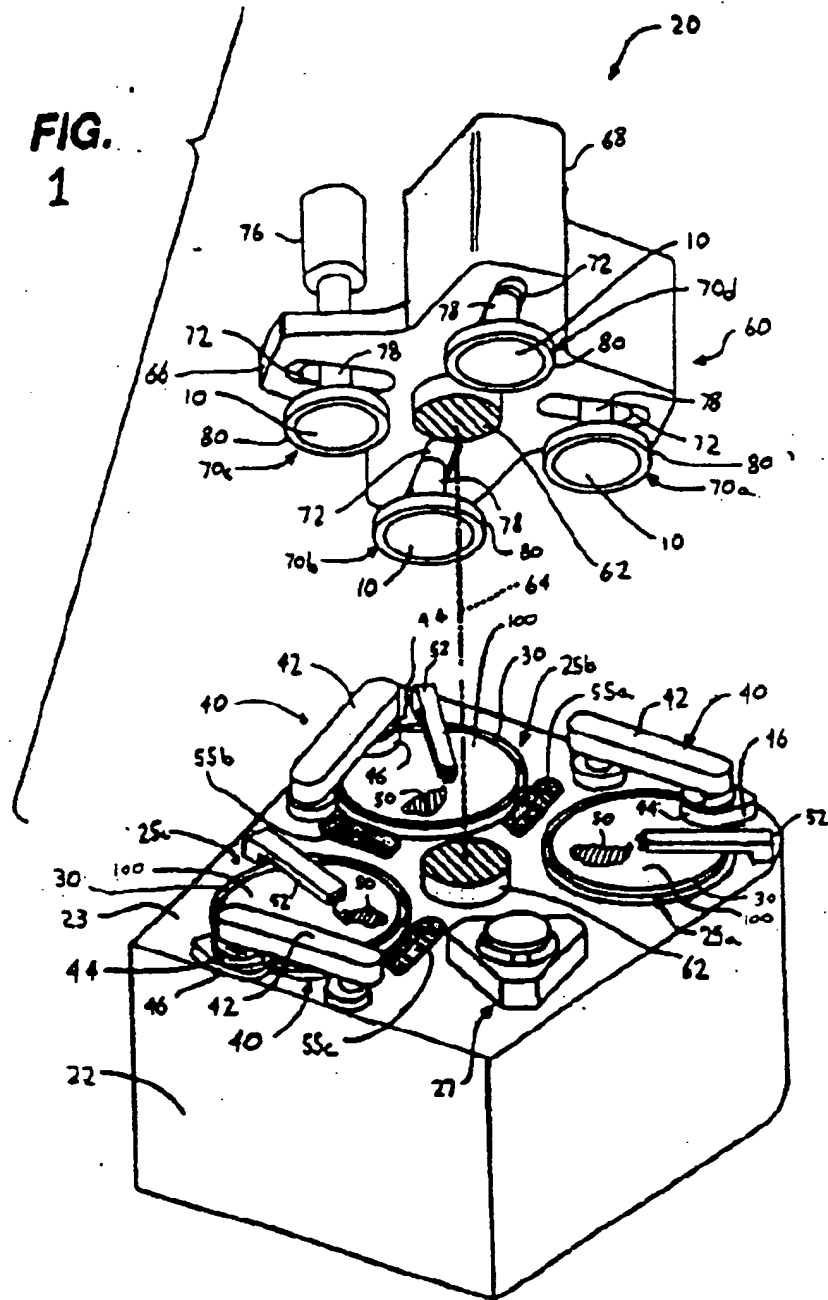
FIG. 13 is a schematic top view of a polishing pad having concentric circular grooves and serpentine grooves.

FIG. 14 is a schematic top view of a polishing pad having circular grooves with different radial centers.

FIG. 15 is a schematic top view of a polishing pad having concentric circular grooves and groove arc segments.

FIG. 16 is a schematic top view of a polishing pad having both concentric circular grooves and a spiral groove.

FIG.  
1







P98AM-073

(3)

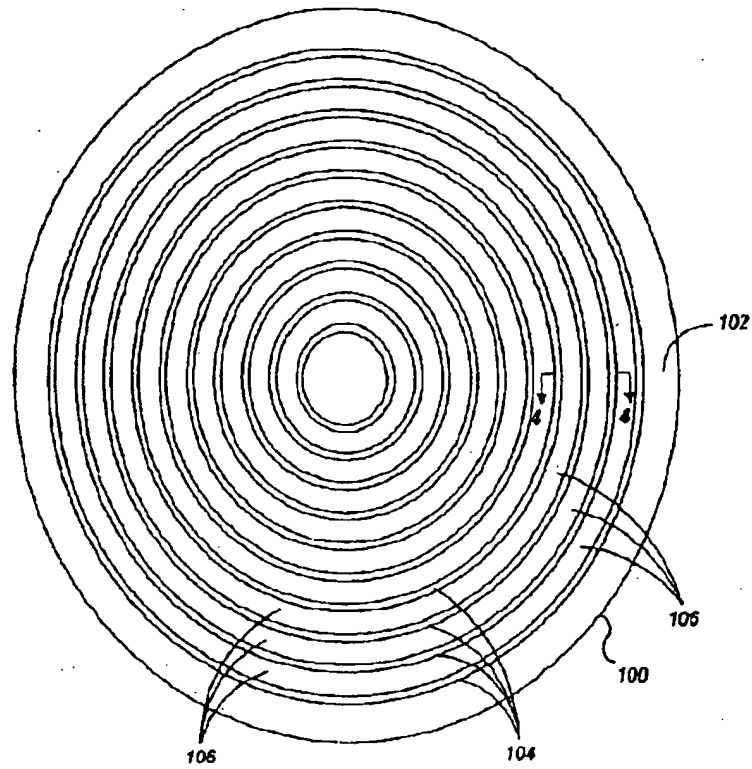


FIG. 3

P98AM-073

(4)

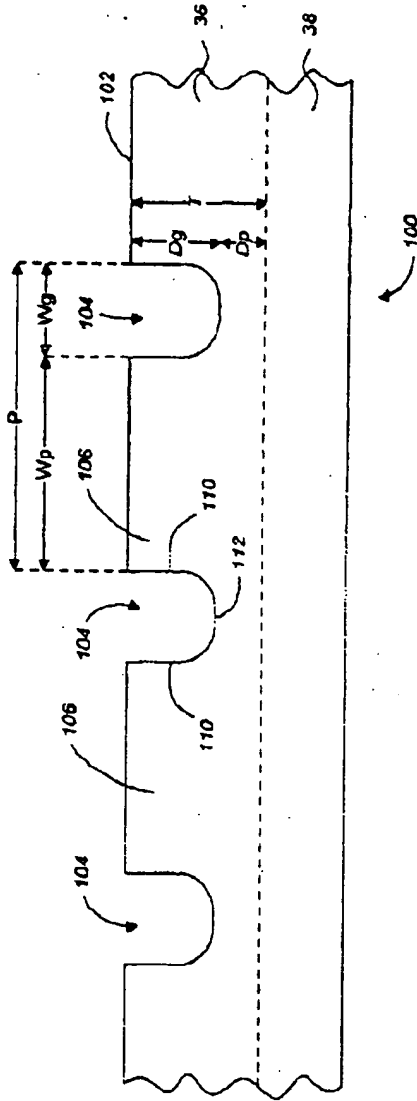


FIG. 4

P98AM-073

(5)

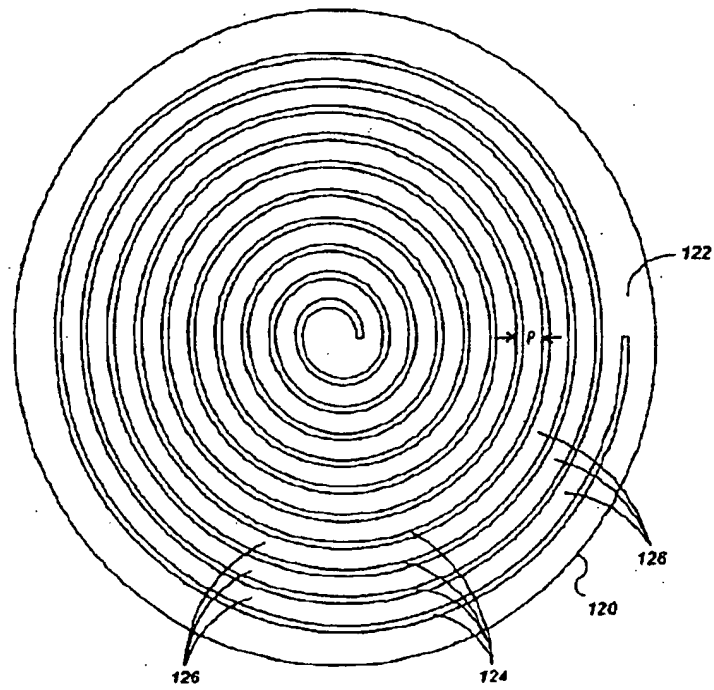


FIG. 5

P98AM-073

(6)

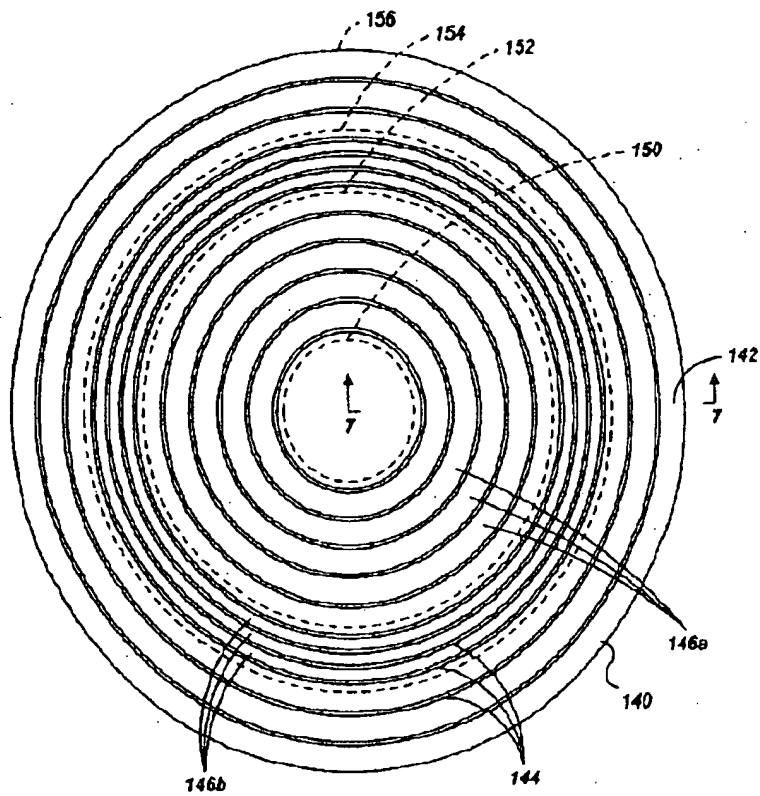


FIG. 6

P98AM-073

(7)

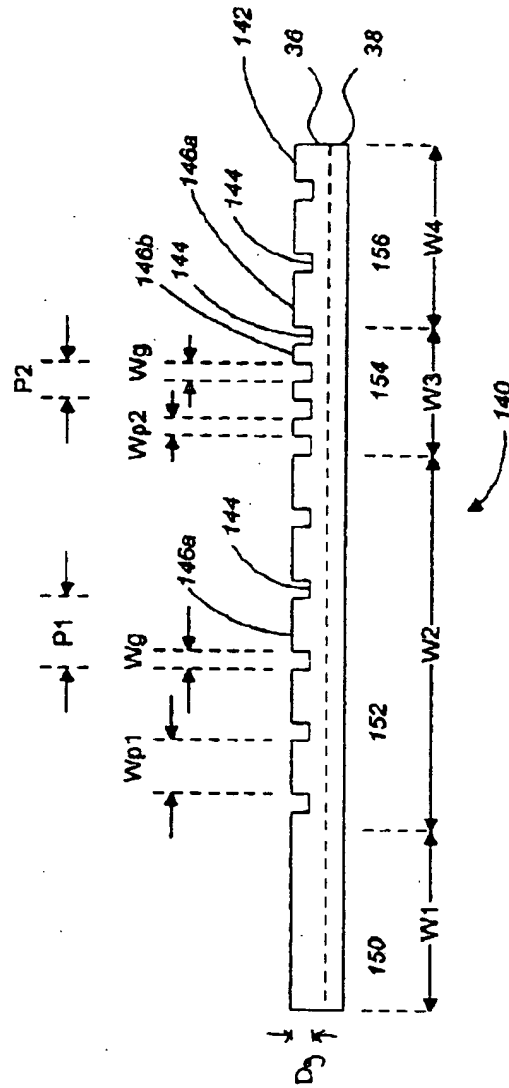


FIG. 7

P 9 8 A M - 0 7 3

( 8 )

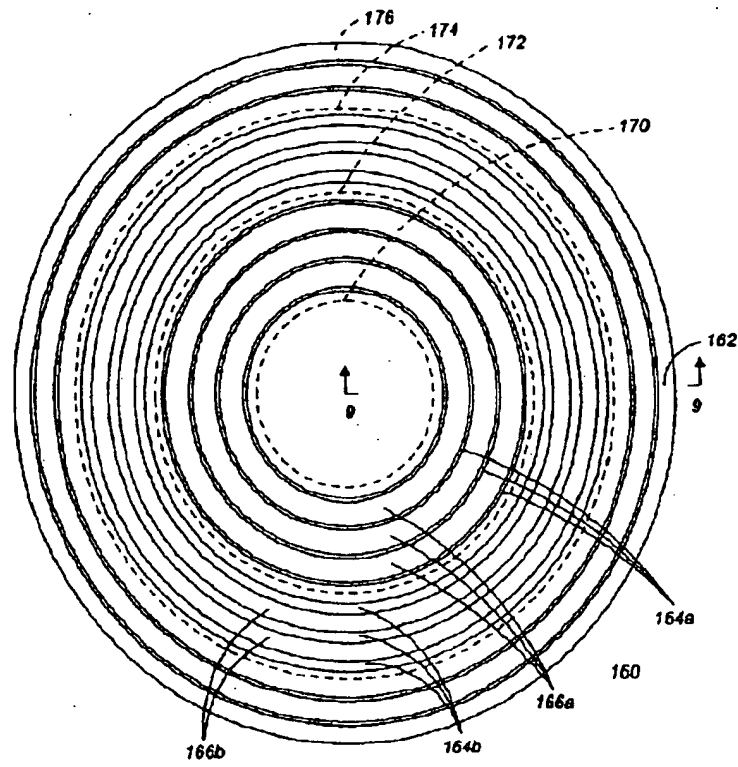


FIG. 8

P 9 8 A M - 0 7 3

( 9 )

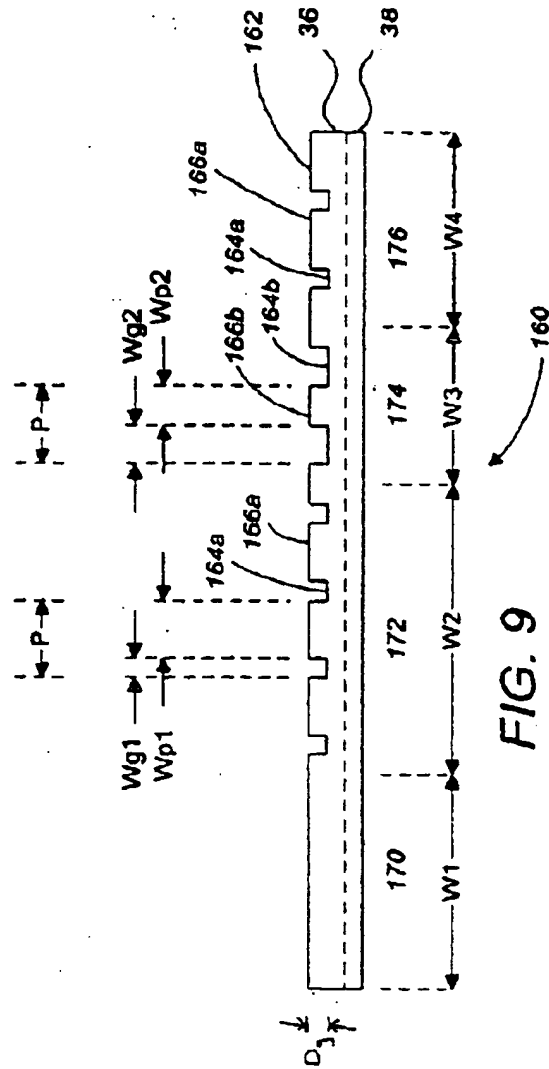


FIG. 9

P98AM-073

(10)

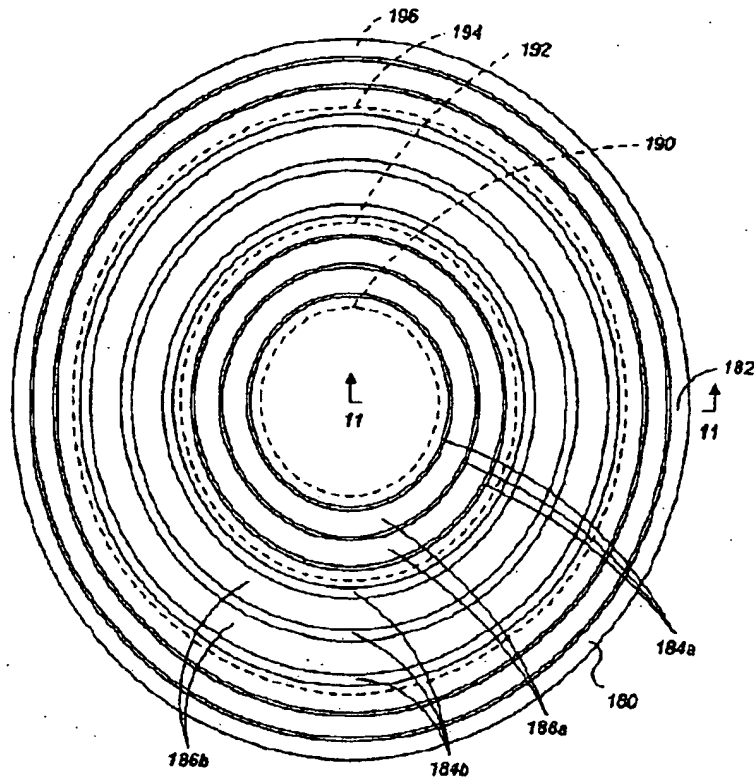
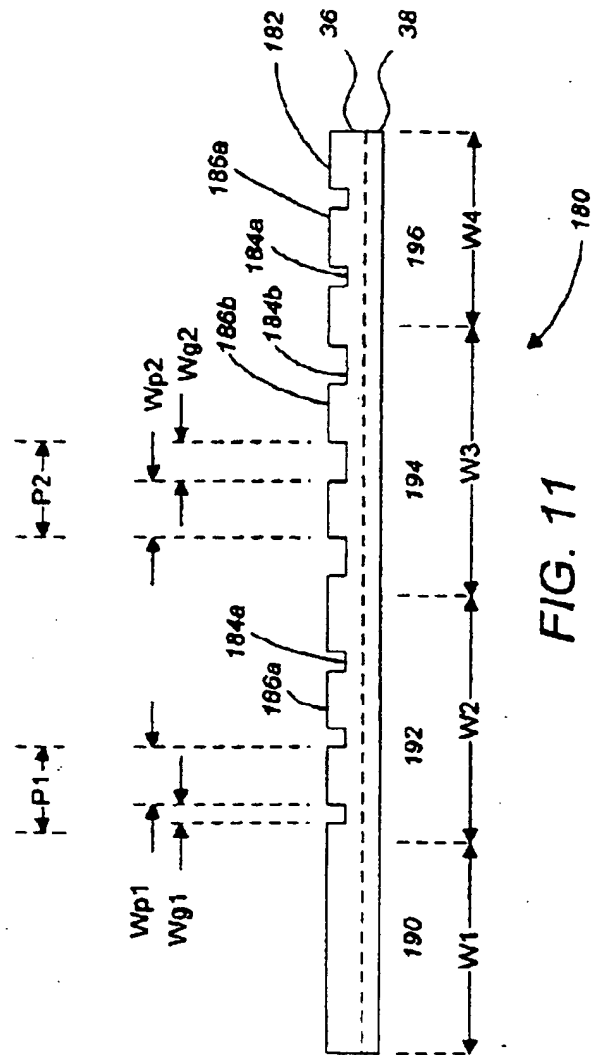


FIG. 10



P98AM-073

(11)



P98AM-073

(12)

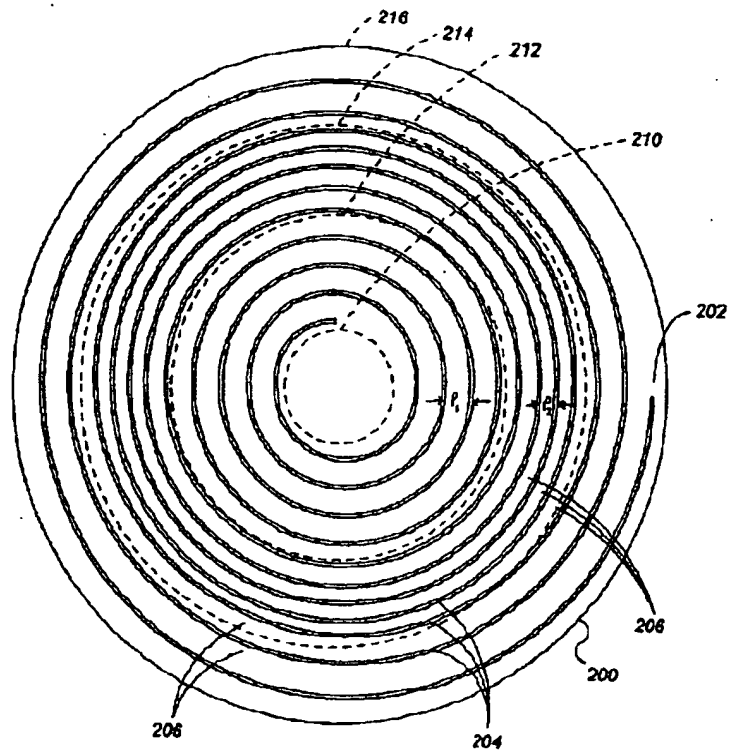


FIG. 12

P98AM-073

(13)

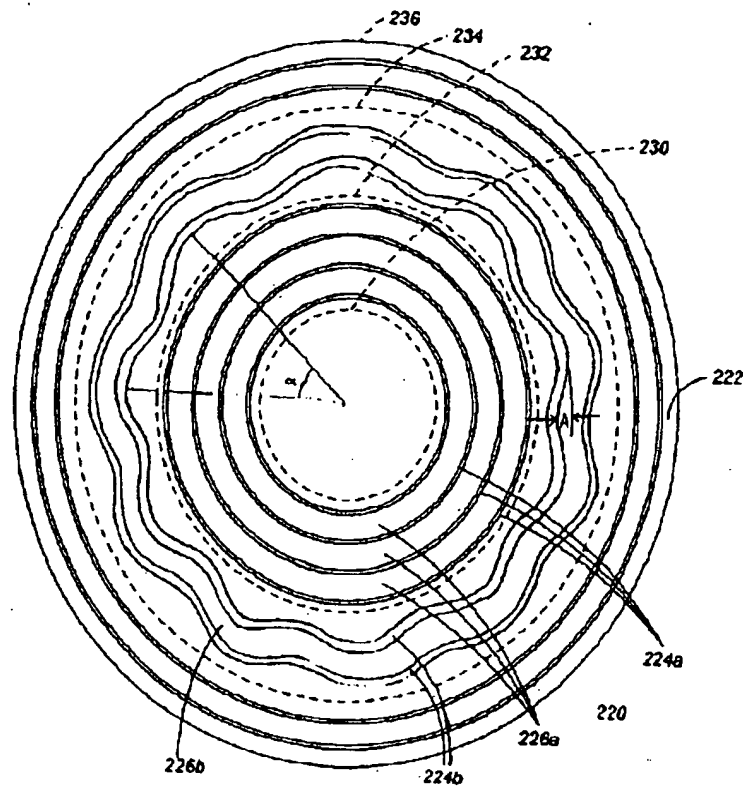


FIG. 13

P 9 8 A M - 0 7 3

( 1 4 )

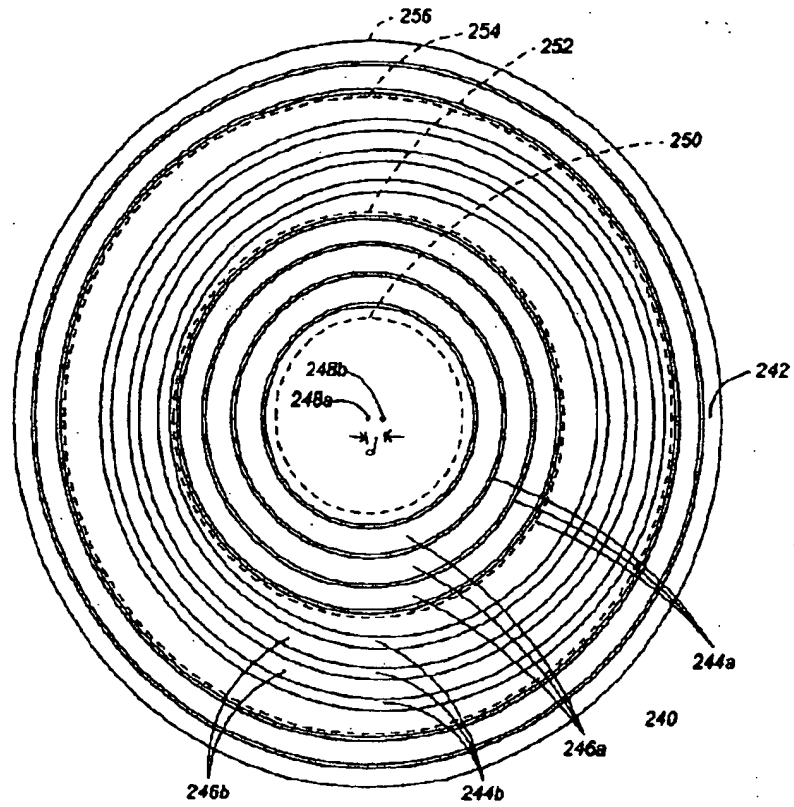


FIG. 14

P98AM-073

(15)

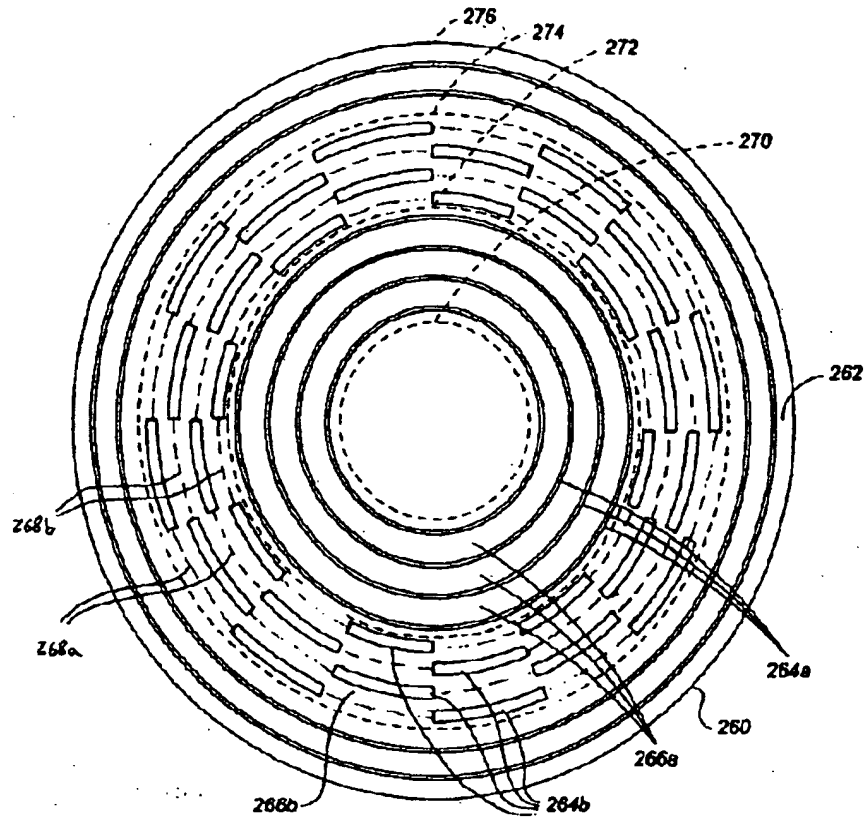


FIG. 15

P98AM-073

(16)

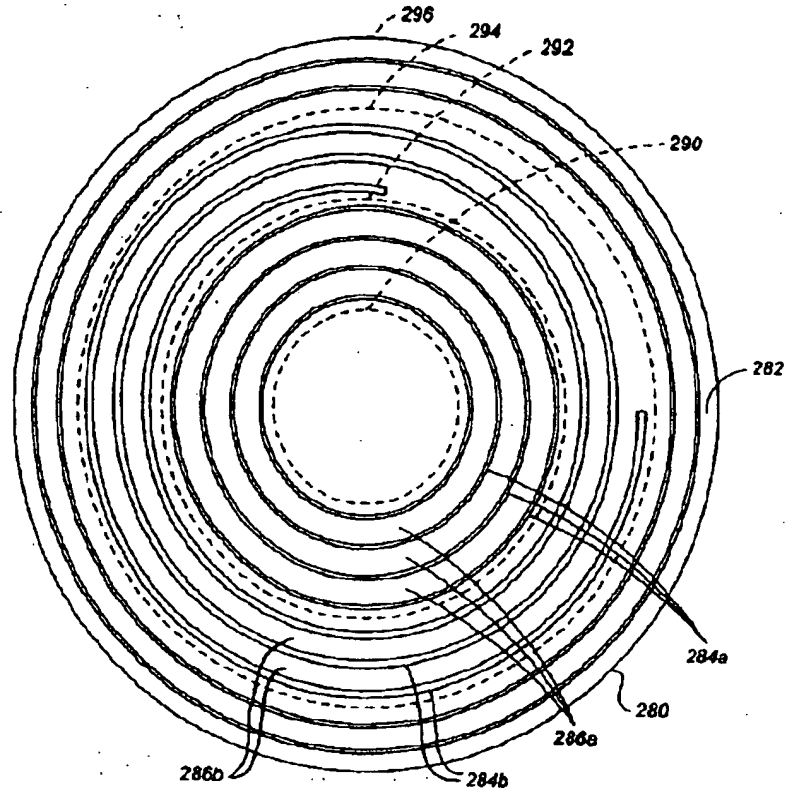


FIG. 16

## 1. Abstract

A polishing pad for a chemical mechanical polishing apparatus. The polishing pad includes a plurality of concentric circular grooves. The polishing pad may include multiple regions with grooves of different widths and spacings.

## 2. Representative Drawing

Fig. 4